Environment Canada
Environmental Protection Service

Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

C3

ENVIRO

Technical

Information for

Problem

Spills

CALCIUM CHLORIDE

May 1984

Canada

85-0670/

ENVIRONMENTAL AND TECHNICAL INFORMATION FOR PROBLEM SPILLS REPORTS

The Environmental and Technical Information for Problem Spills (EnviroTIPS) manuals provide detailed information on chemical substances. This information is intended to assist the reader in designing countermeasures for spills and to assess their impact on the environment. This manual has been reviewed by the Technical Services Branch, Environmental Protection Service, and approved for publication. Approval does not necessarily signify that the contents reflect the views and policies of the Environmental Protection Service. Mention of trade names or commercial products does not constitute endorsement for use.

CALCIUM CHLORIDE

ENVIRONMENTAL AND TECHNICAL INFORMATION FOR PROBLEM SPILLS

Technical Services Branch
Environmental Protection Programs Directorate
Environmental Protection Service
Ottawa, Ontario

May 1984

© Minister of Supply and Services Canada 1984
Cat. No. En 48-10 11-1984E
ISBN 0-662-13352-8
BEAUREGARD PRESS LIMITED

FOREWORD

The Environmental and Technical Information for Problem Spills (EnviroTIPS) manuals were initiated in 1981 to provide comprehensive information on chemicals that are spilled frequently in Canada. The manuals are intended to be used by spill specialists for designing countermeasures for spills and to assess their impact on the environment. The major focus of EnviroTIPS manuals is environmental. The manuals are not intended to be used by first-response personnel because of the length and technical content; a number of manuals intended for first-response use are available. The information in this manual was largely obtained from literature review. Efforts were made, both in compilation and in review, to ensure that the information is as correct as possible. Publication of these data does not signify that these data are recommended by the Government of Canada, nor any other group.

ACKNOWLEDGEMENTS

The final version of this manual was prepared by the staff of the Environmental Protection Service who rewrote the text, drafted illustrations and incorporated all comments and additions. The level of detail present was made possible by the many individuals, organizations and associations who provided technical data and comments throughout the compilation and subsequent review. The Canadian Chemical Producers' Association is especially acknowledged for its review and input to the manual. The draft of this manual was prepared under contract with Environment Canada by M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation and Waterloo Engineering Limited.

TABLE OF CONTENTS

		Page
FOREWORD		i
ACKNOWLEDGEMENTS		i
LIST OF FIGURES		vii
LIST OF TABLES		ix
1	SUMMARY	1
2	PHYSICAL AND CHEMICAL DATA	3
3	COMMERCE AND PRODUCTION	13
3.1	Grades, Purities	13
3.2	Domestic Manufacturers	13
3.3	Major Transportation Routes	13
3.4	Production Levels	13
3.5	Manufacture of Calcium Chloride	14
3.5.1	General	14
3.5.2	Raw Materials	14
3.5.3	Process	14
3.5.3.1	Solvay process	14
3.5.3.2	Salt brine process	14
3.6	Major Uses in Canada	14
3.7	Major Buyers in Canada	15
4	MATERIAL HANDLING AND COMPATIBILITY	16
4.1	Containers and Transportation Vessels	16
4.1.1	Introduction	16
4.1.2	Bulk Shipment	16
4.1.3	Packaging	18
4.2	Off-loading	19
4.2.1	Off-loading Equipment and Procedures for Railway Cars	19
4.2.1.1	Hopper cars	19
4.2.1.2	Tank cars	19
4.2.2	Off-loading Equipment for Bags and Drums	23
4.2.3	Specifications and Materials for Off-loading Equipment	23
4.3	Compatibility with Materials of Construction	24
5	CONTAMINANT TRANSPORT	29
5.1	General Summary	29
5.2	Leak Nomograms	29
5.2.1	Introduction	29
5.2.2	Nomograms	30

		Page
5.2.2.1	Figure 12: Percent remaining versus time	30
5.2.2.2	Figure 13: Discharge rate versus time	30
5.2.3	Sample Calculations	30
5.3	Dispersion in the Air	32
5.4	Behaviour in Water	32
5.4.1	Introduction	32
5.4.2	Nomograms	33
5.4.2.1	Nomograms for non-tidal river	33
5.4.2.2	Nomograms for lakes or still water bodies	37
5.4.3	Sample Calculations	44
5.4.3.1	Pollutant concentration in non-tidal river	44
5.4.3.2	Average pollutant concentration in lakes or still water bodies	45
5.5	Subsurface Behaviour: Penetration into Soil	45
5.5.1	Mechanisms	45
5.5.2	Equations Describing Calcium Chloride Movement into Soil	46
5.5.3	Saturated Hydraulic Conductivity of Calcium Chloride Solutions in Soil	46
5.5.4	Soils	48
5.5.5	Penetration Nomograms	48
5.5.6	Sample Calculation	48
6	ENVIRONMENTAL DATA	54
6.1	Suggested or Regulated Limits	54
6.1.1	Water	54
6.1.2	Air	54
6.2	Aquatic Toxicity	54
6.2.1	U.S. Toxicity Rating	54
6.2.2	Measured Toxicities	54
6.2.2.1	Freshwater toxicity	54
6.2.2.2	Saltwater toxicity	55
6.3	Toxicity to Other Biota	55
6.3.1	Livestock	55
6.3.2	Plants	55
6.4	Effect Studies	57
6.4.1	Animals	57
6.5	Degradation	57
6.6	Long-term Fate and Effects	57
7	HUMAN HEALTH	58
7.1	Recommended Exposure Limits	58
7.2	Irritation Data	58
7.2.1	Skin Contact	58
7.2.2	Eye Contact	59
7.3	Threshold Perception Properties	59
7.3.1	Odour	59
7.3.2	Taste	59
7.4	Long-term Studies	59

		Page
7.4.1	Inhalation	59
7.4.2	Ingestion	59
7.4.3	Subcutaneous	60
7.4.4	Intravenous	60
7.4.5	Intraperitoneal	61
7.4.6	Intramuscular	61
7.4.7	Route of Exposure Not Specified	61
7.5	Symptoms of Exposure	62
7.5.1	Inhalation	62
7.5.2	Ingestion	62
7.5.3	Skin Contact	62
7.5.4	Eye Contact	63
8	CHEMICAL COMPATIBILITY	63
8.1	Compatibility of Calcium Chloride with Other Chemicals and Chemical Groups	63
9	COUNTERMEASURES	64
9.1	Recommended Handling Procedures	64
9.1.1	Fire Concerns	64
9.1.2	Fire Extinguishing Agents	64
9.1.3	Spill Actions, Cleanup and Treatment	64
9.1.3.1	General	64
9.1.3.2	Spills on land	64
9.1.3.3	Spills in water	64
9.1.4	Disposal	64
9.1.5	Protective Measures	65
10	PREVIOUS SPILL EXPERIENCE	66
11	ANALYTICAL METHODS	67
11.1	Quantitative Method for the Detection of Calcium Chloride Particulates in Air	67
11.1.1	Atomic Absorption	67
11.2	Quantitative Method for the Detection of Calcium Chloride in Water	68
11.2.1	Atomic Absorption Spectroscopy	68
11.3	Qualitative Method for the Detection of Calcium Chloride in Water	68
11.4	Quantitative Method for the Detection of Calcium Chloride in Soil	68
11.4.1	Colourimetric	68
11.5	Qualitative Method for the Detection of Calcium Chloride in Soil	69

		Page
12	REFERENCES AND BIBLIOGRAPHY	70
12.1	References	70
12.2	Bibliography	73

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1	PHASE DIAGRAM FOR THE $CaCl_2$-H_2O SYSTEM	8
2	DENSITY	9
3	SOLUBILITY IN WATER	9
4	VAPOUR PRESSURE	10
5	VISCOSITY	11
6	BOILING POINT	11
7	PHASE DIAGRAM (anhydrous)	12
8	COVERED HOPPER CARS - AAR CLASS LO	17
9	RAILWAY TANK CAR - CLASS 111A60W1	20
10	TANK CAR UNLOADING	22
11	TANK CAR WITH PUNCTURE HOLE IN BOTTOM	30
12	PERCENT REMAINING vs TIME	31
13	DISCHARGE RATE vs TIME	31
14	FLOW CHART TO DETERMINE POLLUTANT CONCENTRATION IN NON-TIDAL RIVER	34
15	TIME vs DISTANCE	35
16	HYDRAULIC RADIUS vs CHANNEL WIDTH	36
17	DIFFUSION COEFFICIENT vs HYDRAULIC RADIUS	38
18	ALPHA vs DIFFUSION COEFFICIENT	39
19	ALPHA vs DELTA	40
20	MAXIMUM CONCENTRATION vs DELTA	41
21	VOLUME vs RADIUS	42
22	MAXIMUM CONCENTRATION vs VOLUME	43
23	SCHEMATIC SOIL TRANSPORT	47
24	FLOWCHART FOR NOMOGRAM USE	49

		Page
25	PENETRATION IN COARSE SAND	50
26	PENETRATION IN SILTY SAND	51
27	PENETRATION IN CLAY TILL	52

LIST OF TABLES

Table		Page
1	CONVERSION NOMOGRAMS	7
2	TYPICAL RAILWAY HOPPER CAR SPECIFICATIONS - AAR CLASS LO	18
3	RAILWAY TANK CAR SPECIFICATIONS	19
4	TYPICAL RAILWAY TANK CAR SPECIFICATIONS - CLASS 111A60W1	21
5	COMPATIBILITY WITH MATERIALS OF CONSTRUCTION	24
6	MATERIALS OF CONSTRUCTION	28

1 SUMMARY

CALCIUM CHLORIDE ($CaCl_2$ and $CaCl_2 \cdot 2H_2O$)

Water white to light yellow aqueous solution or white odourless solid (flakes, pellets or powder)

SYNONYMS

Calcium chloride, anhydrous; Calcium chloride dihydrate

IDENTIFICATION NUMBERS

UN No. No hazard no. required; CAS No. 10043-52-4 (anhydrous), 10035-04-8 (dihydrate); OHM-TADS No. 7216625; STCC No. No number required

GRADES & PURITIES

Solid forms:	dihydrate	- flake or powdered, 77 percent $CaCl_2$ in $CaCl_2 \cdot 2 H_2O$
	anhydrous	- flake or pellet, 94 to 97 percent $CaCl_2$
Liquid forms:	solution	- 32, 35, 38 percent (as $CaCl_2$ in water)
	liquor	- 40, 55 percent (as $CaCl_2$ in water)

IMMEDIATE CONCERNS

Fire: Not combustible

Human Health: Relatively nontoxic

Environment: Harmful to aquatic life at concentrations greater than 500 ppm

PHYSICAL PROPERTY DATA

	Anhydrous	Dihydrate	Solution
State (15°C, 1 atm):	solid	solid	liquid
Boiling Point:	1,935°C	176°C (dehydration)	116°C
Melting Point:	772°C	176°C (dehydration)	-7°C
Flammability:	not combustible	not combustible	not combustible
Specific Gravity (water = 1):	2.15	1.85	1.35 (25/4°C)
Solubility (in water)	very soluble	very soluble	very soluble
Behaviour (in water):	sinks and mixes	sinks and mixes	sinks and mixes
Odour Threshold:	odourles	odourless	odourless

ENVIRONMENTAL CONCERNS

Harmful to aquatic life and livestock in high concentrations. Calcium chloride does not bioaccumulate or have food chain contamination potential.

HUMAN HEALTH

Exposure Effects

Inhalation: Causes irritation of nose and throat

Contact: Contact with eyes, particularly by dust, causes irritation and possible transient corneal injury. Contact of solid with dry skin causes mild irritation; strong solutions cause marked irritation or burns

IMMEDIATE ACTION

Spill Control

Restrict access to spill site. Notify manufacturer. Stop the flow and contain spill, if safe to do so. Keep contaminated water from entering sewers or watercourses. Avoid contact with concentrated solutions.

Fire Control

Not combustible; most firefighting agents can be used on fires involving calcium chloride.

COUNTERMEASURES

Emergency Control Procedures in/on

Soil: Construct barriers to contain spill. Remove material by manual or mechanical means

Water: Contain by damming, water diversion or natural barriers

2 PHYSICAL AND CHEMICAL DATA

Physical State Properties

	Anhydrous	Dihydrate - $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ (77 percent $CaCl_2$)	Solution (35 percent $CaCl_2$)
Appearance	Solid flakes or pellets, white (Dow 1974)	Solid flakes or powder, white (Dow ERIS 1979)	Water white to light yellow solution (Hooker MSDS 1972)
Usual shipping state(s)	Solid	Solid	Liquid (aqueous solution)
Physical state at 15°C, 1 atm	Solid	Solid	Liquid
Melting point	772°C (Kirk-Othmer 1978)	176°C (dehydration) (Kirk-Othmer 1978)	-
Freezing point	724°C (Ullmann 1975)		-7°C (Hooker PDS 1980; Dow 1974)
Boiling point	1,935°C (Kirk-Othmer 1978; Dow 1974) 1,670°C (Ullmann 1975)	175°C (dehydration) (Dow ERIS 1979)	116°C (Hooker MSDS 1972)
Densities			
Specific gravity	2.15 (25°C/4°C) (CRC 1980)	1.85 (Kirk-Othmer 1978)	1.35 (Hooker PDS 1980)
Bulk density	1,024 kg/m^3 (Dow 1974)	881 kg/m^3 (Dow 1974)	1,355 kg/m^3 (Dow 1974)
Fire Properties			
Flammability	Not combustible	Not combustible	Not combustible
Other Properties			
Molecular weight of pure substance	110.99 (CRC 1980)	147.02 (CRC 1980)	
Constituent components of typical commercial grade	>94 percent $CaCl_2$ <5.0 percent NaCl <0.5 percent $MgCl_2$ (Ullmann 1975)	77-80 percent $CaCl_2$ 20-23 percent H_2O <2 percent NaCl <0.5 percent $MgCl_2$ (Ullmann 1975)	35-36 percent $CaCl_2$ (Hooker PDS 1980)

	Anhydrous	Dihydrate - $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ (77 percent $CaCl_2$)	Solution: (35 percent $CaCl_2$)
Refractive index	1.52 (CRC 1980)		1.4301 (CRC 1980)
Viscosity			5.81 mPa·s (20°C) (CRC 1980)
Vapour pressure		0.37 kPa (40°C) (Dow 1974)	1.1 kPa (20°C) (Dow 1974)
Hygroscopicity	Absorbs 1.4 g H_2O/g $CaCl_2$) at 40 percent relative humidity (rH) and 17 g H_2O/g $CaCl_2$ at 95 percent rH (25°C) (Kirk-Othmer 1978)	Absorbs 1 g H_2O/g $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ at 40 percent rH (25°C) (Kirk-Othmer 1978)	
Latent heat of fusion	25.5 kJ/mole (at melting point) (CRC 1980) 28.4 kJ/mole (m.p.) (Ullmann 1975; Kirk-Othmer 1978)	12.9 kJ/mole (at melting point) (Kirk-Othmer 1978)	
Latent heat of sublimation	324.3 kJ/mole (25°C) (Lange's Handbook 1979)		
Latent heat of vaporization	235.1 kJ/mole (25°C) (Lange's Handbook 1979) 226.1 kJ/mole (25°C) (Ullmann 1975)		
Heat of formation	-798.5 kJ/ mole (25°C) (JANAF 1971) -795.4 kJ/mole (25°C) (Ullmann 1975; Kirk-Othmer 1978)	-1,404 kJ/mole (Kirk-Othmer 1978)	
Ionization potential	10.2 eV (Rosenstock 1977)		
Heat of solution	-81.82 kJ/mole (Kirk-Othmer 1978)	176.4 kJ/(mole •K) (25°C) (Kirk-Othmer 1978)	

	Anhydrous	Dihydrate - $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ (77 percent $CaCl_2$)	Solution (35 percent $CaCl_2$)
Heat of hydration	15.1 kJ/mole ($CaCl_2$ to $CaCl_2 \cdot H_2O$) (Ullmann 1975)	23.4 kJ/mole ($CaCl_2$ to $CaCl_2 \cdot 2H_2O$) (Ullmann 1975)	
Surface tension			93 mN/m (10°C) (Dow 1974)
Free entropy	-752.8 kJ/(mole •K) (Ullmann 1975)		
Standard entropy	123.1 kJ/(mole •K) (Ullmann 1975)		
Heat capacity constant pressure (Cp)	72.8 J/(mole·°C) (25°C) (JANAF 1971; Ullmann 1975) 74.4 J/(mole·K) (25°C) (Kirk-Othmer 1978)	176.4 J/(mole •K) (25°C) (Kirk-Othmer 1978)	
Coefficient of thermal expansion	6.7 x 10^{-5}/°C (20-190°C, cubic) (Ullmann 1975)		0.458 x 10^{-3}/°C (40% solution) (20°C) (Lange's Handbook 1979)
Thermal conductivity			0.55 $W \cdot m^{-1} \cdot s^{-1} \cdot °C^{-1}$ (32°C) (30% solution) (Lange's Handbook 1979)
pH of aqueous solution			8.0 to 9.0 (Hooker PDS 1980)
Solubility			
In water	37.1 g/100 mL (0°C) 42.5 g/100 mL (20°C) (Ullmann 1975)	97.7 g/100 mL (0°C) (CRC 1980) 326 g/100 mL (60°C) (CRC 1980)	Very soluble (Dow 1974)
In other common materials	Soluble in ethanol, acetone and acetic acid (CRC 1980)	Ethanol: 50 g/100 mL (80°C) (CRC 1980)	

Structure

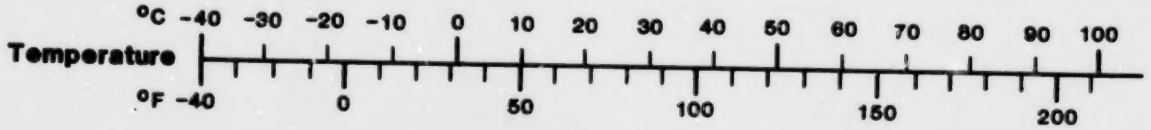
Calcium chloride is an extremely soluble solid which forms a number of stable hydrates. The properties of these hydrates are illustrated in Figure 1. The most common

form of calcium chloride is the dihydrate ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$). Other hydrates of importance are the monohydrate ($CaCl_2 \cdot H_2O$), the tetrahydrate ($CaCl_2 \cdot 4H_2O$) and the hexahydrate ($CaCl_2 \cdot 6H_2O$). All of the lower hydrates are very hygroscopic and absorb water readily from air to form the next stable hydrate, until the vapour pressure of the solution is in equilibrium with the water in the air.

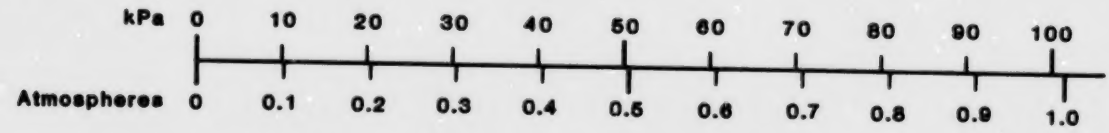
TABLE 1

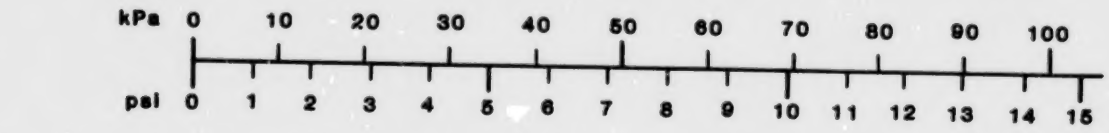
CALCIUM CHLORIDE

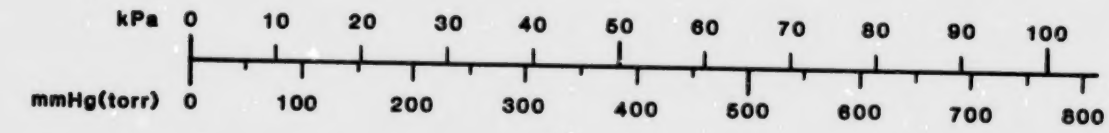
CONVERSION NOMOGRAMS



Pressure 1 kPa = 1,000 Pa







Viscosity

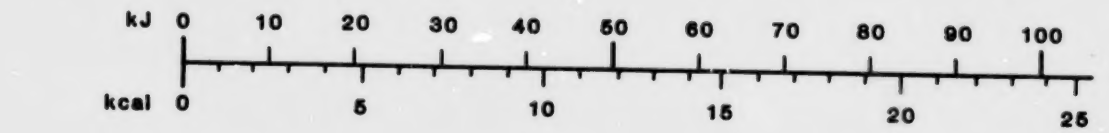
Dynamic 1 Pa-s = 1,000 centipoise (cP)

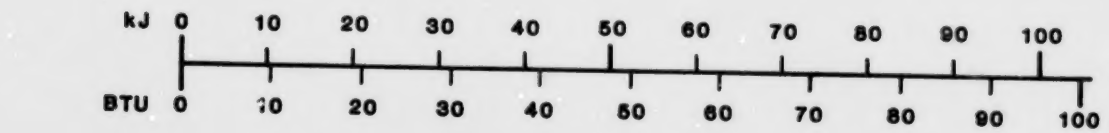
Kinematic 1 m^2/s = 1,000,000 centistokes (cSt)

Concentration (in water)

1 ppm ≅ 1 mg/L

Energy (heat) 1 kJ = 1,000 J





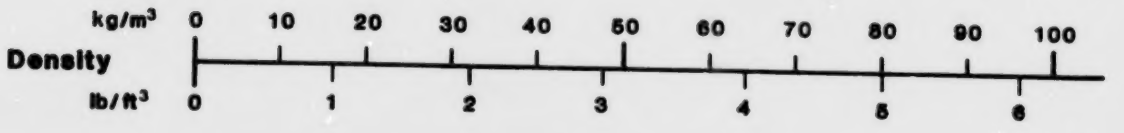


FIGURE 1

CALCIUM CHLORIDE

PHASE DIAGRAM FOR THE $CaCl_2$ - H_2O SYSTEM

Ref: DOW 1974, ULLMANN 1975, KIRK-OTHMER 1978

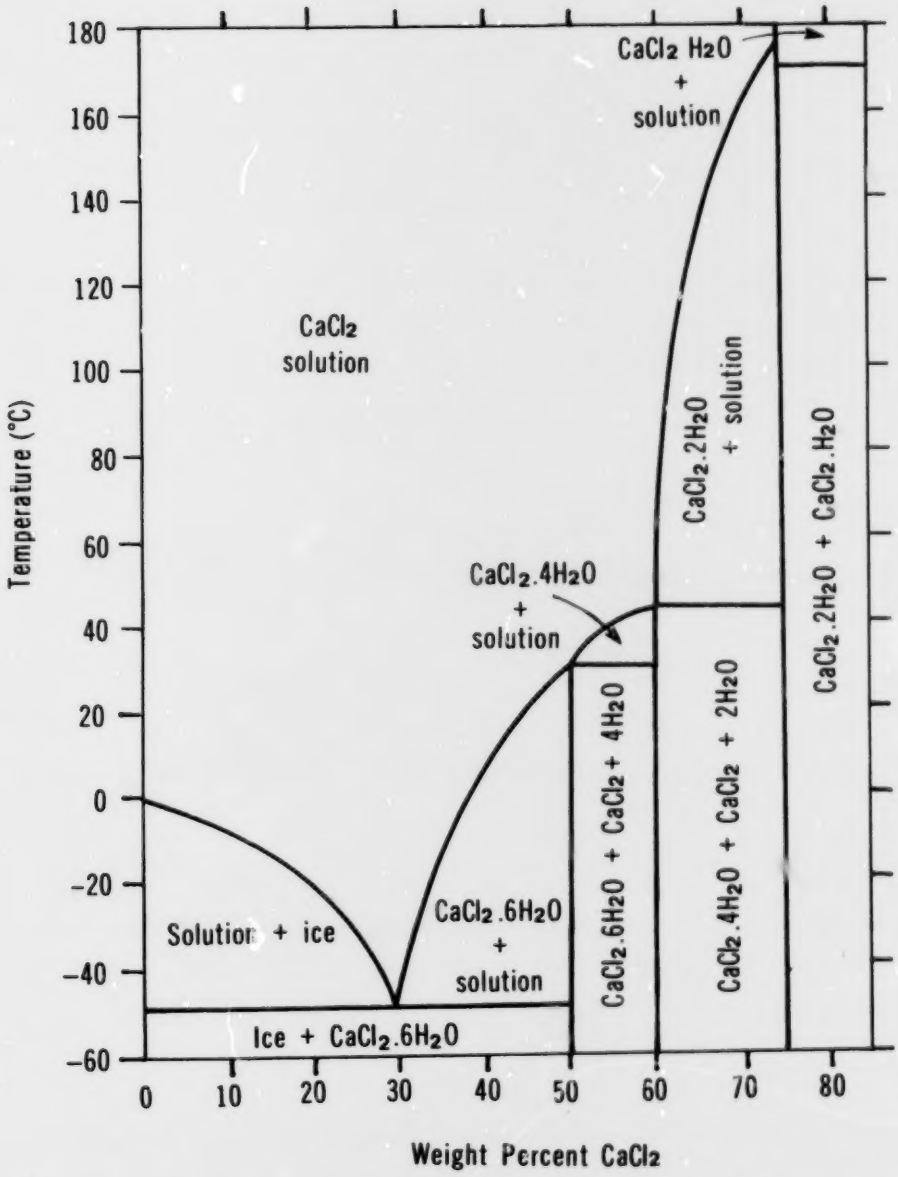


FIGURE 2

CALCIUM CHLORIDE (solutions)

DENSITY

Reference: DOW 1974

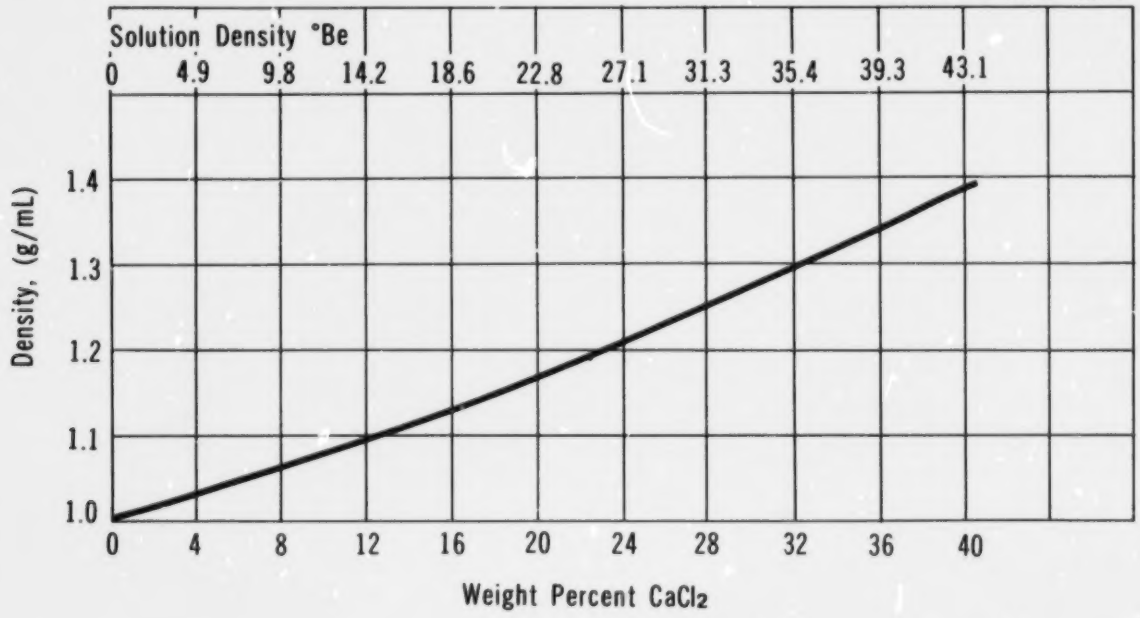


FIGURE 3

CALCIUM CHLORIDE (anhydrous)

SOLUBILITY IN WATER

Reference: ULLMANN 1975

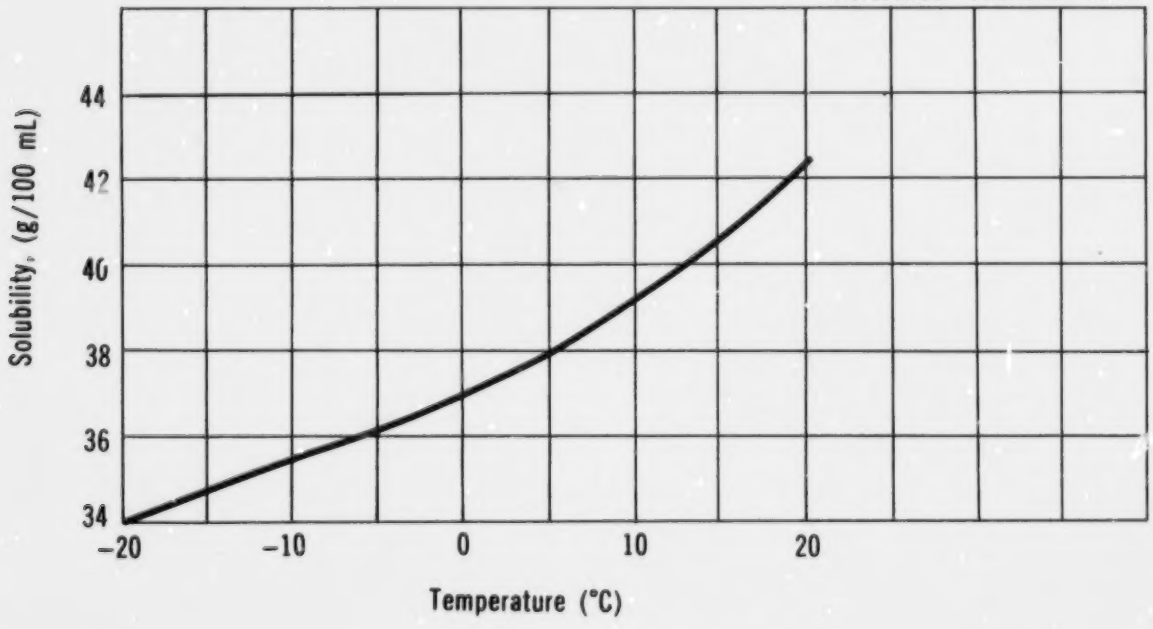


FIGURE 4

CALCIUM CHLORIDE (solutions and hydrates)

VAPOUR PRESSURE

Reference: DOW 1974

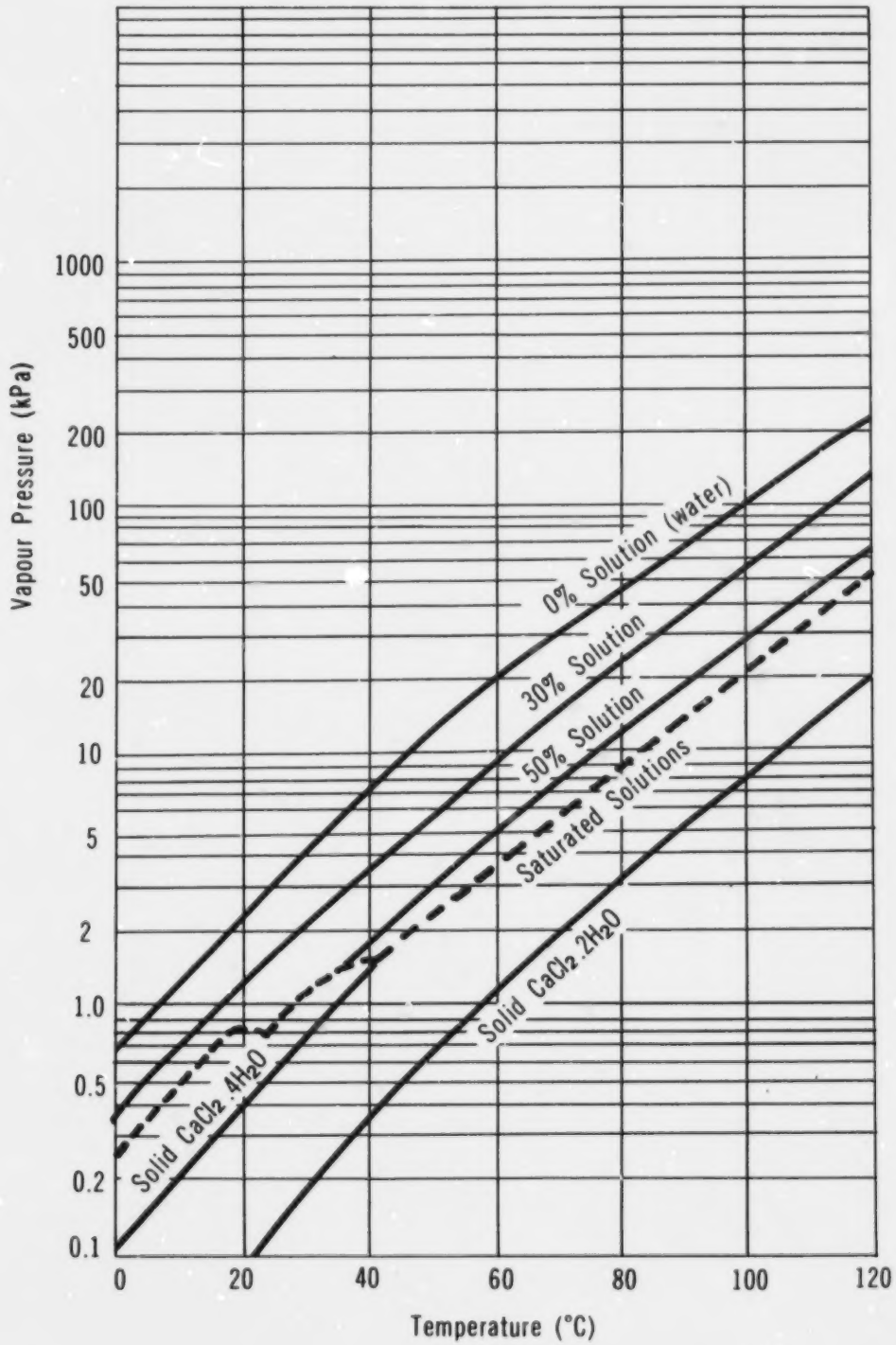


FIGURE 5

CALCIUM CHLORIDE (solutions)

VISCOSITY

Reference: DOW 1974

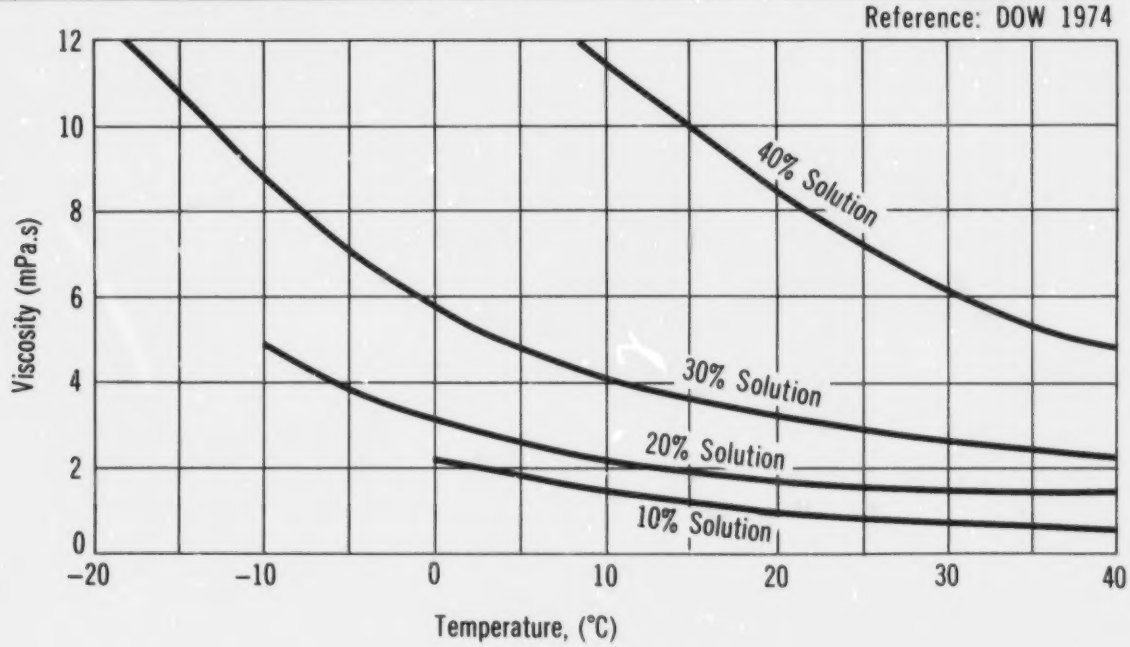


FIGURE 6

CALCIUM CHLORIDE (solutions)

BOILING POINT

Reference : DOW 1974

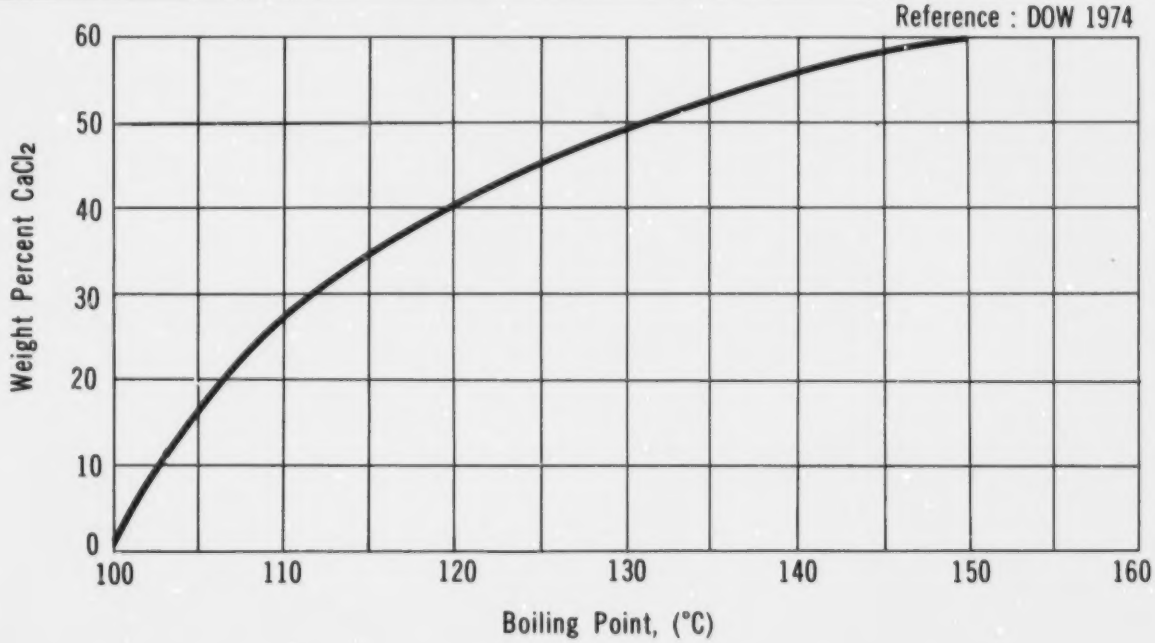
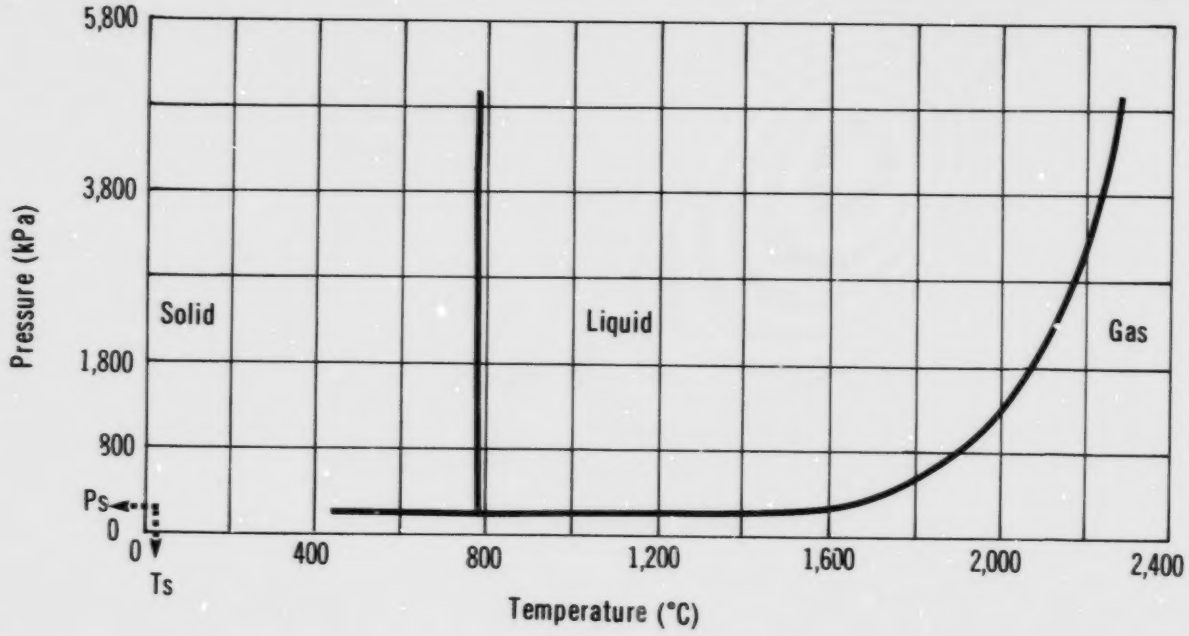


FIGURE 7

CALCIUM CHLORIDE (anhydrous)

PHASE DIAGRAM



3 COMMERCE AND PRODUCTION

3.1 Grades, Purities (Dow 1974; Ullmann 1975; Kirk-Othmer 1978)

Calcium chloride is sold in four basic forms:

Form	Description	Purity
Flake or pellet	Anhydrous ($CaCl_2$)	94-97 percent
Flake or powdered (fines)	Dihydrate ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$)	77-80 percent (as $CaCl_2$)
$CaCl_2$ in water	Solution	32, 35 and 38 percent (35 percent is the most common)
$CaCl_2$ in water	Liquor	40 and 55 percent

3.2 Domestic Manufacturers (CBG 1980; Corpus 1981)

Allied Chemical, Canada
201 City Centre Drive
Mississauga, Ontario
L5B 2T4
(416) 276-9211
Emergency (519) 252-5794

Dow Chemical Canada Inc.
P.O. Box 1012
Modeland Drive
Sarnia, Ontario
N7T 7K7
(519) 339-3131
(Imported from Midland or Ludington, Michigan, plants)

3.3 Major Transportation Routes

Current Canadian production of calcium chloride is located only in Ontario and Alberta. The largest production facility is in Amherstburg, near Windsor, Ontario, which accounts for 95 percent of the total production.

3.4 Production Levels (Corpus 1981; CCPA 1982)

Company, Plant Location		Nameplate Capacity kilotonnes/yr (1980)
Allied Chemical Canada, Amherstburg, Ont.		265
Allied Chemical Canada, Brooks, Alta.		5
Allied Chemical Canada, Drumheller, Alta.		5
	TOTAL	275
Domestic Shipments (1979)		114
Imports (1979)		9
	TOTAL SUPPLY	123

3.5 Manufacture of Calcium Chloride (Kirk-Othmer 1978; EPA 530/SW 104c)

3.5.1 General. Most of the calcium chloride (over 90 percent from Allied Chemical, Amherstburg, Ontario) is produced by the Solvay process as a co-product with soda ash (sodium carbonate). Calcium chloride is also obtained as a joint product of salt brine purification at the Alberta plants and this is the primary process in the USA.

3.5.2 Raw Materials. For the Solvay process, the primary reactants are limestone (calcium carbonate) and salt (sodium chloride). Salt brine is the raw material of the salt brine purification process.

3.5.3 Process.

3.5.3.1 Solvay process. The Solvay process is complex. The overall reaction is as follows:

$$CaCO_3 + 2NaCl \rightarrow Na_2CO_3 + CaCl_2$$

The individual reactions through the process include the following:

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$
$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$
$$NaCl + CO_2 + NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4Cl + NaHCO_3$$
$$2NaHCO_3 \rightarrow CO_2 + Na_2CO_3$$
$$Ca(OH_2) + 2NH_4Cl \rightarrow CaCl_2 + 2NH_3 + 2H_2O$$

These reactions are simplified; individual equations are not necessarily balanced but they provide an understandable overview.

3.5.3.2 Salt brine process. Magnesium chloride is removed from brine obtained from wells by concentration and crystallization or by treating with lime to precipitate magnesium hydroxide. Following this, the brine is concentrated in multiple effect evaporators to crystallize the sodium chloride. Finally, the brine is concentrated by heating and evaporation to produce $CaCl_2 \cdot 2H_2O$. This may be flaked for use as is or calcined to produce anhydrous $CaCl_2$.

3.6 Major Uses in Canada (Corpus 1981; Dow PS 1980; Hooker PDS 1980)

Calcium chloride is used for road building, road de-icing (snow and ice control), tire ballasting, oil well cementing, concrete mix additive, heat transfer brine, freeze-proofing of ores, coal or aggregates, and for waste treatment. In 1979, 79 percent of the product was sold for road building, base stabilization, and dust control.

3.7 **Major Buyers in Canada** (Corpus 1981; CBG 1981)

Arliss Chemicals, Pointe Claire, Quebec.
Anco Chemicals, Toronto, Ontario.
Anti-Hydro of Canada Company Sales, Montreal, Quebec.
BDH Chemicals, Toronto, Ontario.
Chemcor Corp., Montreal, Quebec.
CIL, Willowdale, Ontario.
Dow Chemical, Sarnia, Ontario.
Ford Motor, Windsor, Ontario.
W.R. Grace Canada, Toronto, Ontario.
Harrisons & Crosfield, Toronto, Ontario.
Lastoplex Chemicals, Weston, Ontario.
Mallinckrodt, Pointe Claire, Quebec.
Master Builders, Toronto, Ontario.
Miller Paving, Toronto, Ontario.
Municipal Works Departments.
Park Thermal, Georgetown, Ontario.
Pollard Bros., Harrow, Ontario.
Provincial Highway & Roads Departments
Record Chemical, Montreal, Quebec.
Shefford Chemicals, Granby, Quebec.
Sika Chemical Canada, Pointe Claire, Quebec.
Sternson, Brantford, Ontario.
Swift Canadian, Bramalea, Ontario.
Toronto Salt & Chemicals, Toronto, Ontario.
Travis Chemicals, Calgary, Alberta.
Van Waters & Rogers, Vancouver, B.C.
Winfield Chemical, Woodstock, N.B.

4 MATERIAL HANDLING AND COMPATIBILITY

4.1 Containers and Transportation Vessels

4.1.1 Introduction (Dow 1974; CCPA 1982). Calcium chloride is shipped in two basic forms, solid (anhydrous or dihydrate - the latter is more common) and liquid (solutions or liquor - a 35 percent solution is most common). The solid forms of the dihydrate ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$) are the most common. The solid is shipped in bulk by rail and truck, in drums or bags by rail and truck, or also in bulk by ship. Solutions are transported in tank cars by rail or tank trucks.

4.1.2 Bulk Shipment. The hopper cars, used for bulk transport by rail, are usually AAR Class LO cars similar to bulk cement cars. Typical hopper cars are illustrated in Figure 8 and described in Table 2.

Railway tank cars used in the transportation of calcium chloride solutions and liquors are not regulated but CTC/DOT IIIA tank cars may be used. Table 3 describes this specification. The most commonly used tank car is the 111A60W1, as illustrated in Figure 9 and described in Table 4.

Cars are equipped for unloading by pump, air, or gravity flow through a 102 to 152 mm (4-6 in.) diameter bottom outlet provided with an inner plug valve furnished with a steam jacket. In addition to bottom unloading, the cars may be unloaded from the top by compressed air. In this case, the calcium chloride is withdrawn through an eduction pipe which extends from the bottom of the tank to the top operating platform where it terminates with an unloading connection valve, usually a 51 mm (2 in.) threaded plug cock valve. Air pressure of 138 kPa (20 psi) is applied through the 25 mm (1 in.) air connection valve (CC 1958).

Materials of construction for the tank are dependent upon the grade of solution. For a 32 to 45 percent solution, a flange quality steel is required, usually ASTM A-283 Grade C steel plate with a 3 mm corrosion allowance. For liquors, 316 stainless steel or Monel alloys are most suitable. Tanks may be constructed of steel with an inner nickel liner; steel tanks may be lined with calcium chloride-resistant material (CC 1958).

Outside heating coils and glass wool insulation may be required for concentrated calcium chloride solutions. Constructed from 203 mm (8 in.) diameter type A53 Grade B steel pipe in half-oval form, the heating coils are laid out in a serpentine configuration across the bottom third of the tank (TCM 1979).

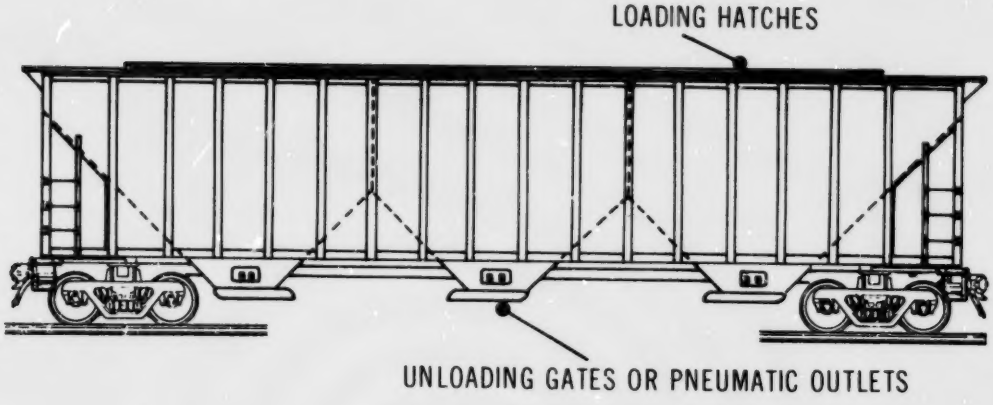
A safety relief valve set at 241 kPa (35 psi) is required on top of the rail car. The top unloading arrangement must be protected by a housing covering the air

FIGURE 8

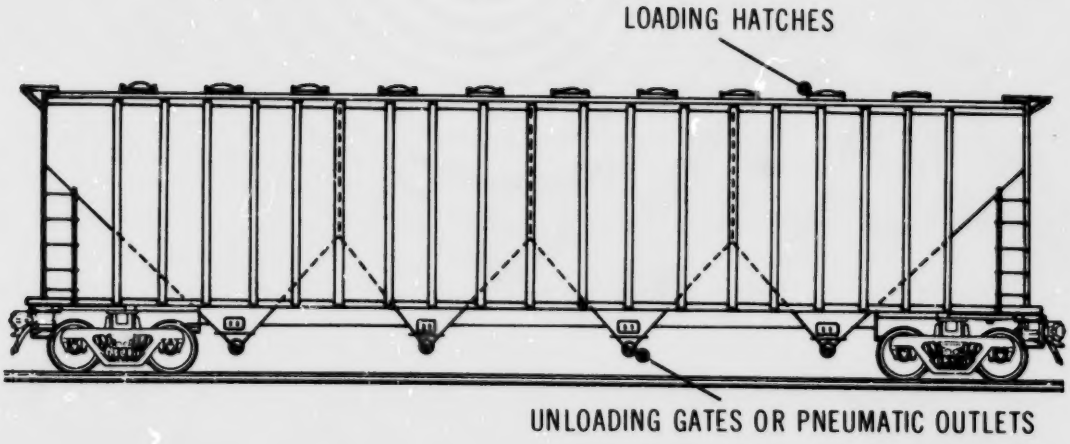
CALCIUM CHLORIDE

COVERED HOPPER CARS - AAR CLASS LO

(Reference - CLC 1974, AAR 1983)



Typical 3 - Compartment Hopper Car



Typical 4 - Compartment Hopper Car

TABLE 2 TYPICAL RAILWAY HOPPER CAR SPECIFICATIONS - AAR CLASS LO (CLC 1974)

Description	Hopper Car Size (cu. ft.) 5,800	4,700
Overall		
Nominal capacity	164 m^3 (5,800 cu. ft.)	133 m^3 (4,700 cu. ft.)
Weight capacity	89,000 kg (196,000 lb.)	86,000 kg (190,000 lb.)
Car weight- empty	45,000 kg (100,000 lb.)	45,000 kg (100,000 lb.)
Car weight- (max.)	119,000 kg (263,000 lb.)	119,000 kg (263,000 lb.)
Hopper/Compartments		
Number	4	3
Material	Steel	Steel
Inside length (typical)	410 cm (160 in.)	460 cm (180 in.)
Inside width (typical)	300 cm (118 in.)	300 cm (118 in.)
Spacing between outlets	4 m (13 ft.)	5 m (15 ft.)
Slope angle	40-45°	40-45°
Approximate Dimensions		
Coupled length	21 m (68 ft.)	18 m (60 ft.)
Length over strikers	20 m (65 ft.)	17 m (57 ft.)
Length of truck centres	16 m (54 ft.)	14 m (46 ft.)
Clearance height	5 m (15 ft.)	5 m (15 ft.)
Height to top of running board	5 m (15 ft.)	4 m (14 ft.)
Overall width	3.1 m (123 in.)	3.2 m (126 in.)
Inside length	19 m (63 ft.)	17 m (55 ft.)
Loading/Unloading Fixtures		
Loading Hatches:	Cars typically equipped with 4 to 12 loading hatches. Typical dimensions of these are 36-61 cm (14-24 in.) in diameter or square dimensions.	
Unloading Fixtures:	Equipped with unloading gates at bottom of 36-61 cm (14-24 in.) square and/or pneumatic unloading connections 10-20 cm (4-8 in.) in diameter.	

connection valve and the unloading connection valve. Solutions are never transported under pressure.

4.1.3 **Packaging.** Flake, powdered and pellet forms of calcium chloride are also transported in bags or drums (CC 1958; Dow 1974; CCPA 1982):

TABLE 3 RAILWAY TANK CAR SPECIFICATIONS

CTC/DOT* Specification Number	Description
111A60W1	Steel fusion-welded tank without dome. Uninsulated or insulated. 2% minimum outage. Gauging device. Test pressure 414 kPa (60 psi).
111A60F1	Steel forge-welded tank without dome. Uninsulated or insulated. 2% minimum outage. Gauging device. Test pressure 414 kPa (60 psi).
111A100W1	Steel fusion-welded tank without dome. Uninsulated or insulated. 2% minimum outage. Gauging device. Bottom outlet or washout optional. Test pressure 690 kPa (100 psi).

* Canadian Transport Commission and Department of Transportation (U.S.)

- multi-wall paper bags of 25 or 40 kg net weight (corresponding approximately to 60 and 90 ib. bags);
- steel drums of 45 or 181 kg (100 or 400 lb.) net weight of product. It should be noted that drums are rarely used.

4.2 Off-loading

4.2.1 Off-loading Equipment and Procedures for Railway Cars.

4.2.1.1 Hopper cars. Calcium chloride in flake or pellet form is unloaded from hopper cars into permanent storage bins or track hoppers below the track level or directly into conveyors. A belt conveyor, or less-commonly a screw conveyor, is used for removing calcium chloride from the bottom of track hopper installations (CC 1958; Dow 1974).

Prior to off-loading, certain precautions must be taken (CC 1958):

- The vented storage tank must be checked to make sure that it will hold the contents of the car.
- Personnel must not enter the car under any circumstances.
- Brakes must be set, wheels chocked and a derail employed.
- A safe operating platform must be provided at the unloading point.

4.2.2.2 Tank cars. Two means of off-loading are used for tank cars, top off-loading and bottom off-loading. Both means are shown in Figure 10.

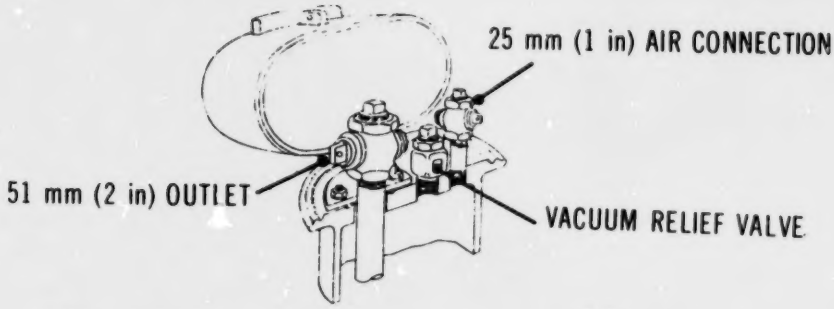
Proceed with top off-loading as follows (CC 1958):

FIGURE 9

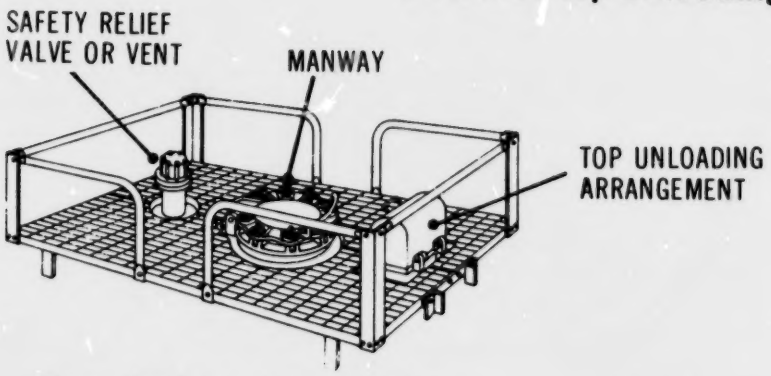
CALCIUM CHLORIDE

RAILWAY TANK CAR - CLASS 111A60W1

(Reference - TCM 1979, RTDCR 1974)



Detail of top unloading arrangement



Detail of loading platform

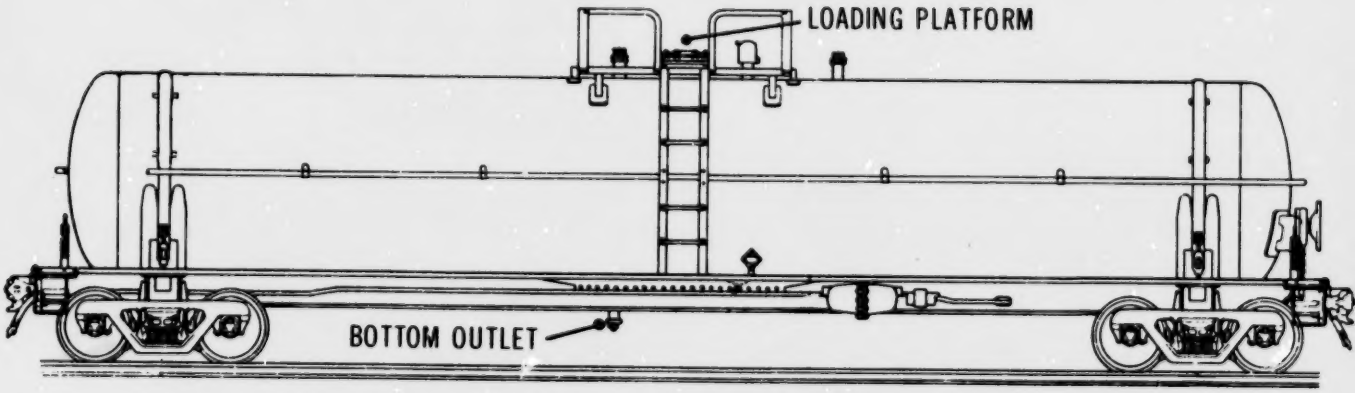


Illustration of tank car layout

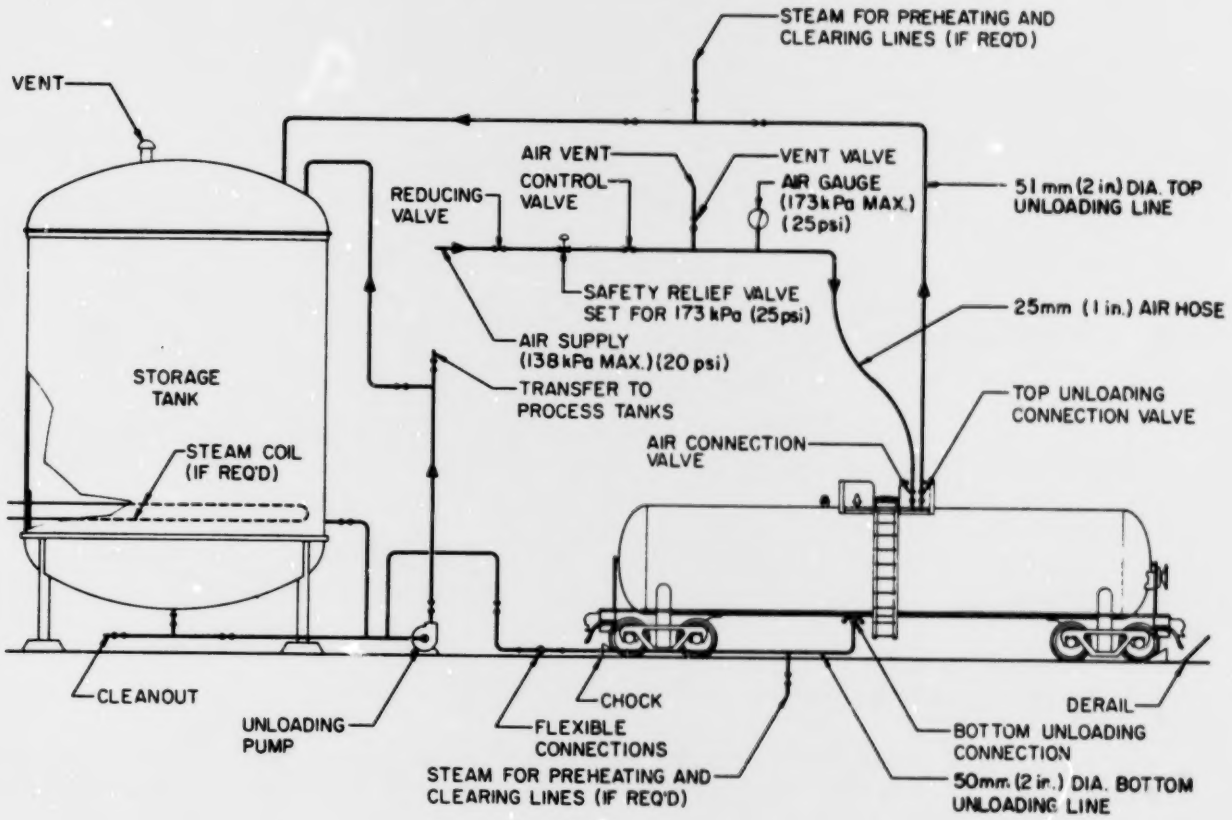
TABLE 4 TYPICAL RAILWAY TANK CAR SPECIFICATIONS - CLASS 111A60W1 (TCM 1979; RTDCR 1974)

Description	Tank Car Size (Imp. gal.) 16,700		17,200		20,000	
Overall						
Nominal capacity	75,700 L (16,700 gal.)		78,000 L (17,200 gal.)		90,900 L (20,000 gal.)	
Car weight- empty	33,900 kg (74,700 lb.)		33,900 kg (74,700 lb.)		38,900 kg (85,800 lb.)	
Car weight- (max.)	119,000 kg (263,000 lb.)		83,500 kg (184,000 lb.)		119,000 kg (263,000 lb.)	
Tank						
Material	Steel		Steel		Steel	
Thickness	11.1 mm	(7/16 in.)	11.1 mm	(7/16 in.)	11.1 mm	(7/16 in.)
Inside diameter	2.60 m	(102 in.)	2.62 m	(103 in.)	2.74 m	(108 in.)
Test pressure	414 kPa	(60 psi)	414 kPa	(60 psi)	414 kPa	(60 psi)
Burst pressure	1,640 kPa	(240 psi)	1,640 kPa	(240 psi)	1,640 kPa	(240 psi)
Approximate Dimensions						
Coupled length	17 m	(57 ft.)	17 m	(57 ft.)	18 m	(60 ft.)
Length over strickers	16 m	(53 ft.)	16 m	(53 ft.)	17 m	(57 ft.)
Length of truck centres	13 m	(42 ft.)	13 m	(42 ft.)	14 m	(45 ft.)
Height to top of grating	4 m	(12 ft.)	4 m	(12 ft.)	4 m	(13 ft.)
Overall height	5 m	(15 ft.)	5 m	(15 ft.)	5 m	(15 ft.)
Overall width (over grabs)	3.2 m	(127 in.)	3.2 m	(127 in.)	3.2 m	(127 in.)
Length of grating	2-3 m	(8-10 ft.)	2-3 m	(8-10 ft.)	2-3 m	(8-10 ft.)
Width of grating	1.5-2 m	(5-6 ft.)	1.5-2 m	(5-6 ft.)	1.5-2 m	(5-6 ft.)
Loading/Unloading Fixtures						
Top Unloading						
Unloading connection	51 mm	(2 in.)	51 mm	(2 in.)	51 mm	(2 in.)
Manway/fill hole	203-356 mm	(8-14 in.)	203-356 mm	(8-14 in.)	203-356 mm	(8-14 in.)
Air connection	25-51 mm	(1-2 in.)	25-51 mm	(1-2 in.)	25-51 mm	(1-2 in.)
Bottom unloading						
Bottom outlet	102-152 mm	(4-6 in.)	102-152 mm	(4-6 in.)	102-152 mm	(4-6 in.)
Safety Devices	Safety vent or valve		Safety vent or valve		Safety vent or valve	
Dome	None		None		None	
Insulation	Optional		Optional		Optional	

FIGURE 10

CALCIUM CHLORIDE

TANK CAR UNLOADING



NOTE:

1. FOR TOP OR BOTTOM UNLOADING METHOD SEE TEXT.

- After removing the protective housing from the air inlet and discharge line at the top of the car, connect the 51 mm (2 in.) unloading line to the discharge outlet and connect the 25 mm (1 in.) air line. Air pressure must be 138 kPa (20 psi) or less for unloading. A safety relief valve must be installed in the air line to release at 173 kPa (25 psi).
- After opening the air supply valve, the unloading connection valve can then be opened to unload the car.
- Once the car is empty, the air supply valve must be closed and the vent valve in the air line opened to allow the line pressure to equalize to atmospheric pressure.
- Reverse the above procedure to close up the car.

Proceed with bottom off-loading in the following manner using gravity flow, air, or pumping (CC 1958):

- In cold weather, apply steam to the bottom unloading connection. Steam coil connection valves (see Figure 10) should also be connected to live steam.
- After connecting the unloading line to the 152 mm (6 in.) bottom outlet, open the inside bottom valve by turning the valve rod handle at the top of the car.
- Off-load the car by gravity, air, or pump. When using air, the above-mentioned precautions must be observed.
- Reverse the above procedure to close up the car.

4.2.2 Off-loading Equipment for Bags and Drums. Equipment used for off-loading bags and drums previously described is similar to that used for handling dry goods in general and will be only briefly mentioned here. Most bagged products are moved on pallets and may or may not be strapped or stretch-wrapped for secure handling.

4.2.3 Specifications and Materials for Off-loading Equipment. The materials of construction for off-loading system components discussed in this section are listed below. The specifications of components of a typical off-loading system that will be discussed include pipes and fittings, flexible connections, valves, gaskets, pumps and storage tanks.

Schedule 40 seamless ASTM A106 carbon steel pipes and fittings are recommended. Flanged joints are preferable. All lines should be installed on a slight slope and without pockets. Outdoor lines may be traced and insulated (CC 1958).

Flexible steel hose, armoured rubber, or solid pipe with swivel joints may be used for the flexible sections of the unloading line.

For valving, lubricated iron plug cocks or all-iron gate valves will serve adequately. For hot solutions, lubricated nickel plug cocks will give best service (CC 1958). Asbestos gaskets or Viton can be used as a gasket material.

A single-suction centrifugal pump with Monel shaft and a nickel-iron shell and impeller is recommended for pumping. Back vanes on the impeller, an extra long stuffing

box with a flowing water seal, and asbestos metallic packing will help reduce leakage (CC 1958). The pump should be equipped with flanges at both suction and discharge openings; screwed connections are subject to leakage and should be avoided.

Fusion-welded steel storage tanks of 56,750 L (12,500 gal.) and 75,700 L (16,700 gal.) capacity are commonly used. The storage tank should have heating coils to keep the liquid from freezing. The body and dished heads should be made of minimum 9 mm plate (CC 1958). The major consideration should be the specific gravity of calcium chloride solutions, since existing oil storage tanks are often used; thus, the head (or filling height) must be reduced (CCPA 1982).

4.3 Compatibility with Materials of Construction

The compatibility of calcium chloride with materials of construction is indicated in Table 5. The unbracketed abbreviations are described in Table 6. The rating system for this report is briefly described below.

Recommended: This material will perform satisfactorily in the given application.

Conditional: Material will show deterioration in the given application; however, it may be suitable for intermittent or short-term service.

Not Recommended: Material will be severely affected in this application and should not be used.

TABLE 5 COMPATIBILITY WITH MATERIALS OF CONSTRUCTION

Application	Chemical		Material of Construction		
	Conc.	Temp. (°C)	Recommended	Conditional	Not Recommended
1. Pipes and Fittings	Dilute	49	PE (DPPED 1967)		
	Dilute	60	PVC I, PVC II (DPPED 1967)		
	Dilute	71	ABS (DPPED 1967)		
	Saturated	79	PVDC (DCRG 1978)		
	Saturated	107	PP (DCRG 1978)		

TABLE 5 COMPATIBILITY WITH MATERIALS OF CONSTRUCTION (Cont'd)

Application	Chemical		Material of Construction		
	Conc.	Temp. (°C)	Recommended	Conditional	Not Recommended
1. Pipes and Fittings (cont'd)	Saturated	121	Chlorinated Polyether (DCRG 1978)		
	Saturated	135	PVDF (DCRG 1978)		
	Dilute	To operating limit of material	PVC I, ABS, PE (MWPP 1978)		
			Iron		
			Nickel		
			Certain Nickel-Copper Alloys		
			Certain Nickel-Iron Alloys (CC 1958)		
2. Valves	10-30%	79	Brass or Bronze with Rings of Teflon or Graphite-Impregnated Asbestos (Dow 1974)	SS 316 (JSSV 1979)	Yellow Brass (Dow 1974)
3. Pumps	All	93	GRP with FPM "O" Ring		
			3% Nickel Iron (CC 1958) SS 316 (Dow 1974)	CI Shell and Rotor with Steel Shaft (CC 1958)	
	Concentrated	Hot	Nickel or Nickel Alloy (CC 1958)		
			All Iron Rotary Pumps		

TABLE 5 COMPATIBILITY WITH MATERIALS OF CONSTRUCTION (Cont'd)

Application	Chemical		Material of Construction		
	Conc.	Temp. (°C)	Recommended	Conditional	Not Recommended
3. Pumps (cont'd)			Packing: Asbestos - Metallic (CC 1958)		
4. Storage	Most	Ambient	10 mm CS Plate of Flange Quality Steel (CC 1958)		Aluminum and its Alloys (Dow 1974)
	Most	Ambient	CS 3-10 mm (Dow 1974)		
5. Others	5%	20	SS 316 (ASS)	SS 302 SS 304 (ASS)	
	Saturated	20	SS 316 (ASS)	SS 302 SS 304 (ASS)	
			The following coatings may be used: - catalized epoxy - phenolic-epoxy copolymer - urethane - coal tar epoxy - vinyl (Dow 1974)		
	Diluted	40	uPVC, PE, PP POM, NR, NBR IIR, EPDM CR, FPM CSM (GF)		
	Diluted	60	PE, PP, POM NR, NBR, IIR EPDM, CR FPM, CSM (GF)	uPVC (GF)	
		60	PVC (TPS 1978)		
	Saturated	60	uPVC, PE, PP POM, NR, NBR IIR, EPDM, CR FPM, CSM (GF)		

TABLE 5 COMPATIBILITY WITH MATERIALS OF CONSTRUCTION (Cont'd)

Application	Chemical		Material of Construction		
	Conc.	Temp. (°C)	Recommended	Conditional	Not Recommended
5. Others (cont'd)		66	PP (TPS 1978)		
	Saturated	80	PP* NBR IIR, EPDM CR, FPM CSM (GF)	PE POM (GF)	uPVC NR (GF)
		82		PP (TPS 1978)	
		85	CPVC (TPS 1978)		
		121	PVDF (TPS 1978)		
	Saturated	100	NBR, CR, FMP CSM (GF)	PP, IIR, EPDM (GF)	uPVC, PE POM, NR (GF)
	All	Boiling	SS 316 (ASS)		SS 302 (ASS)
			NR, SBR, CR NBR, IIR, CSM Si, EPDM (GPP)		
	10 to 100%	24-100	Glass (CDS 1967)		
	10, 30, 50 or 100%	24			Concrete (CDS 1967)
	10 to 20%	24-100	Wood (Spruce, Maple) (CDS 1967)		
	100%	24	Wood (Spruce, Maple) (CDS 1967)		

* This material has been given a lower rating in a similar application by another reference.

TABLE 6 MATERIALS OF CONSTRUCTION

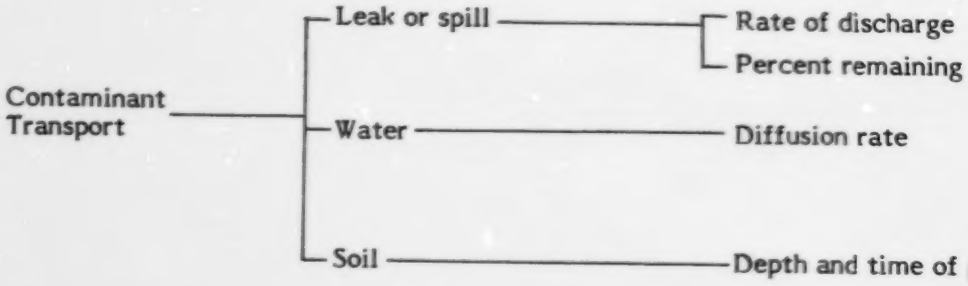
Abbreviation	Material of Construction
ABS	Acrylonitrile Butadiene Styrene
CI	Cast Iron, Austenitic
	Chlorinated Polyether
CPVC	Chlorinated Polyvinyl Chloride
CR	Polychloroprene (Neoprene)
CS	Carbon Steel
CSM	Chlorosulphonated Polyethylene (Hypalon)
	Concrete
EPDM	Ethylene Propylene Rubber
FPM	Fluorine Rubber (Viton)
GRP	Glass Reinforced Vinyl Ester
	Glass
	Iron
IIR	Isobutylene/Isoprene (Butyl) Rubber
NBR	Acrylonitrile/Butadiene (Nitrile, Buna N)
	Rubber
NR	Natural Rubber
	Nickel
	Nickel-Iron Alloy
	Nickel-Copper Alloy (Monel)
PE	Polyethylene
POM	Polyoxymethylene
PP	Polypropylene
PVC (followed by grade, if any)	Polyvinyl Chloride
PVDC	Polyvinylidene Chloride
PVDF	Polyvinylidene Fluoride
Si	Silicone
SBR	Styrene/Butadiene (GR-5, Buna S) Rubber
SS (Followed by Grade)	Stainless Steel
uPVC	Unplasticized Polyvinyl Chloride
	Wood (Spruce, Maple)

5 CONTAMINANT TRANSPORT

5.1 General Summary

Calcium chloride is transported as a solid or as an aqueous solution. When spilled in water, all forms will dissolve or mix rapidly. When spilled on soil, the liquid forms will spread on the surface and penetrate into the soil at a rate dependent on the soil type and its water content. Transport of calcium chloride toward the water table can be an environmental concern. Because calcium chloride is essentially nonvolatile, dispersion in air is not a problem and is not addressed below.

Factors to be considered for the transport of a calcium chloride spill in water and soil are shown below:



It is important to note that, because of the approximate nature of the contaminant transport calculations, the approach adopted throughout has been to use conservative estimates of critical parameters so that predictions are approaching worst case scenarios for each medium. However, the assumptions for each medium are consistent throughout the EnviroTIPS series, allowing comparison of the behaviours of different chemicals.

5.2 Leak Nomograms

5.2.1 Introduction. In aqueous form, calcium chloride is sometimes transported in railway tank cars. While the capacities of tank cars vary widely, one tank car has been chosen for development of the leak nomograms. It is approximately 2.75 m in diameter and 13.4 m long, with a carrying capacity of about 80,000 L. This size has been chosen consistently throughout the EnviroTIPS series to provide a basis of comparison. The aim of the nomograms is to provide a simple means to obtain the time history of the conditions in the tank car and the discharge rate of the liquid.

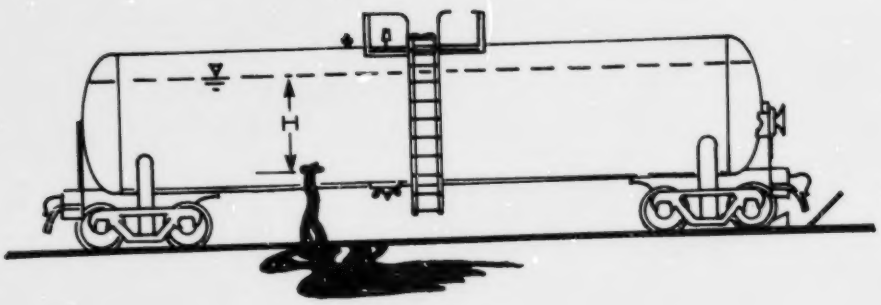


FIGURE 11 TANK CAR WITH PUNCTURE HOLE IN BOTTOM

5.2.2 Nomograms.

5.2.2.1 Figure 12: Percent remaining versus time. Figure 12 provides a means of estimating the percent of liquid remaining in the standard tank car after the time of puncture, for a number of different hole diameters. The hole diameter is actually an equivalent diameter and can be applied to a noncircular puncture.

The standard tank car (2.75 m Ø x 13.4 m long) is assumed to be initially full (at t=0) with a volume of about 80,000 L of calcium chloride solution. The amount remaining at any time (t) is not only a function of the discharge rate over time, but also of the size and shape of the tank car.

5.2.2.2 Figure 13: Discharge rate versus time. Figure 13 provides a means of estimating the instantaneous discharge rate (L/s) at any time (t) after the time of puncture, for a number of equivalent hole diameters. The nomogram is only applicable to the standard tank car size with an initial volume of 80,000 L.

5.2.3 Sample Calculations.

i) Problem A

The standard tank car (2.75 m Ø x 13.4 m long) filled with an aqueous solution of calcium chloride has been punctured on the bottom. The equivalent diameter of the hole is 150 mm. What percent of the initial 80,000 L remains after 10 minutes?

FIGURE 12

CALCIUM CHLORIDE

PERCENT REMAINING VS TIME

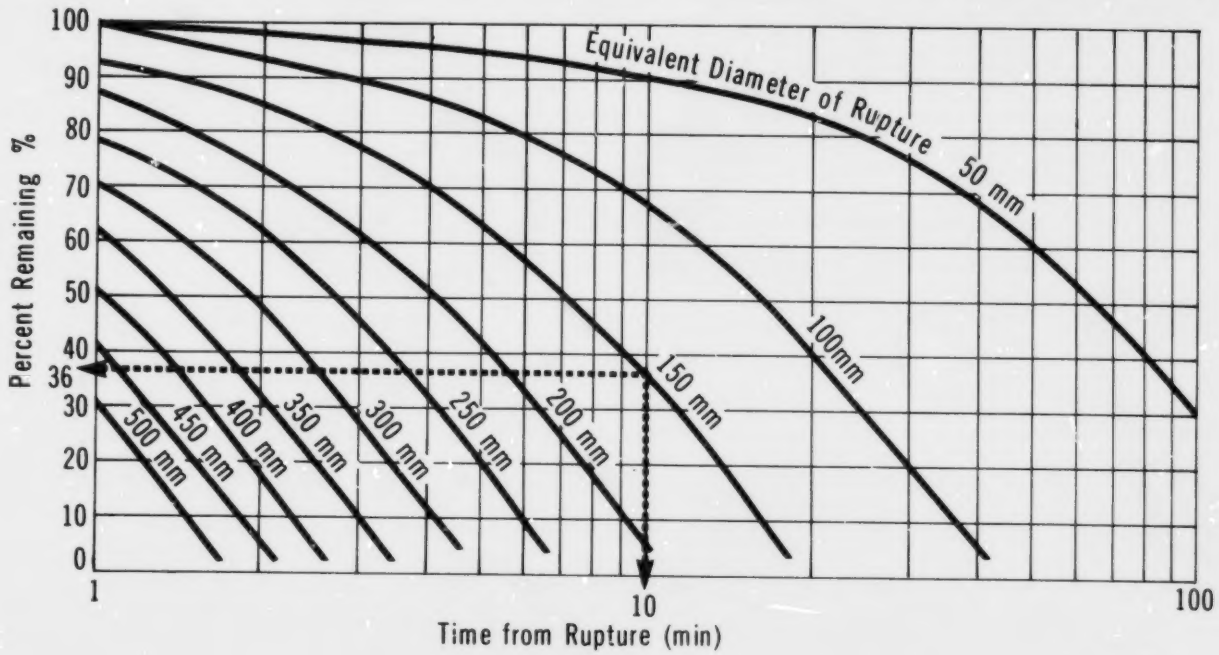
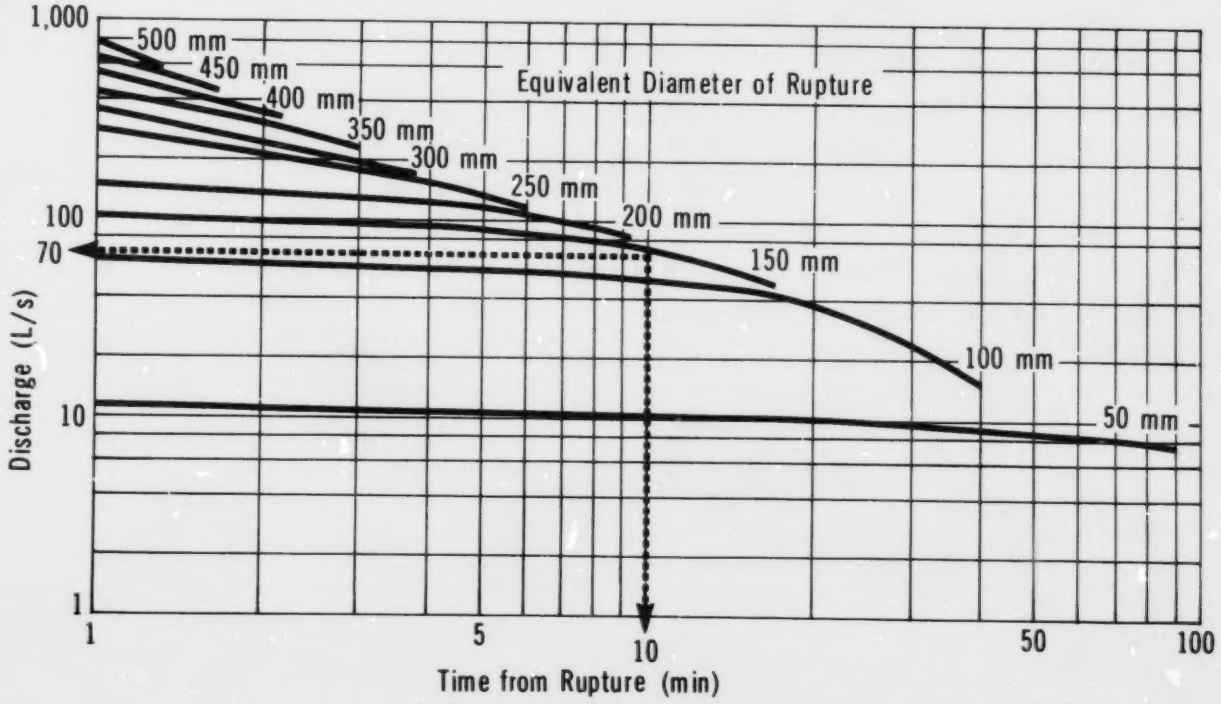


FIGURE 13

CALCIUM CHLORIDE

DISCHARGE RATE VS TIME



Solution to Problem A

- Use Figure 12
- With t=10 min and d=150 mm, the amount remaining is about 36 percent or 28,800 L

ii) Problem B

With the same conditions as Problem A, what is the instantaneous discharge rate from the tank 10 minutes after the accident?

Solution to Problem B

- Use Figure 13
- With t=10 min and d=150 mm, the instantaneous discharge rate (q) = 70 L/s

5.3 Dispersion in the Air

Because calcium chloride is nonvolatile in foreseeable spill circumstances, there is no significant potential for dispersion in air.

5.4 Behaviour in Water

5.4.1 Introduction. When spilled on a water surface, calcium chloride will dissolve rapidly. Mixing takes place and the spill is diluted. This mixing can generally be described by classical diffusion equations with one or more diffusion coefficients. In rivers, the principal mixing agent is stream turbulence, while in calm water mixing takes place by molecular diffusion.

To estimate the pollutant concentration in a river downstream from a spill, the turbulent diffusion has been modelled. The model employed is strictly applicable to neutrally buoyant liquids and solids that dissolve in water. As calcium chloride is denser than water, the maximum concentration would be expected near the bottom.

The one-dimensional model uses an idealized rectangular channel section and assumes a uniform concentration of the pollutant throughout the section. Obviously, this applies only to points sufficiently far downstream of the spill where mixing and dilution have distributed the pollutant across the entire river channel. The model is applicable to rivers where the ratio of width to depth is less than 100 (W/d <100) and assumes a Manning's roughness coefficient of 0.03. Details of the model are outlined in the Introduction Manual.

No modelling has been carried out for molecular diffusion in still water. Rather, nomograms have been prepared to define the hazard zone and the average concentration within the hazard zone as a function of spill size, but independent of time.

5.4.2 Nomograms. The following nomograms are presented to calculate pollutant concentrations in non-tidal rivers and in lakes (still water).

Non-tidal Rivers

Figure 15: time versus distance for a range of average stream velocities

Figure 16: hydraulic radius versus channel width for a range of stream depths

Figure 17: diffusion coefficient versus hydraulic radius for a range of average stream velocities

Figure 18: alpha* versus diffusion coefficient for various time intervals

Figure 19: alpha versus delta* for a range of spill sizes

Figure 20: maximum concentration versus delta for a range of river cross-sectional areas

Lakes or Still Water Bodies

Figure 21: volume versus radius for the hazard zone for a range of lake depths

Figure 22: average concentration versus volume for the hazard zone for a range of spill sizes

The flow chart in Figure 14 outlines the steps required to estimate downstream concentration after a spill and identifies the nomograms to be used. These nomograms (Figures 15 through 20) are described in the following sub-sections.

5.4.2.1 Nomograms for non-tidal river.

Figure 15: Time versus distance. Figure 15 presents a simple relationship between average stream velocity, time, and distance. Using an estimate of average stream velocity (U), the time (t) to reach any point of interest, at some distance (X) downstream of the spill, can be readily obtained from Figure 15.

Figure 16: Hydraulic radius versus channel width. The model used to estimate downstream pollutant concentrations is based on an idealized rectangular channel of width (W) and depth (d). The hydraulic radius (r) for the channel is required in order to estimate

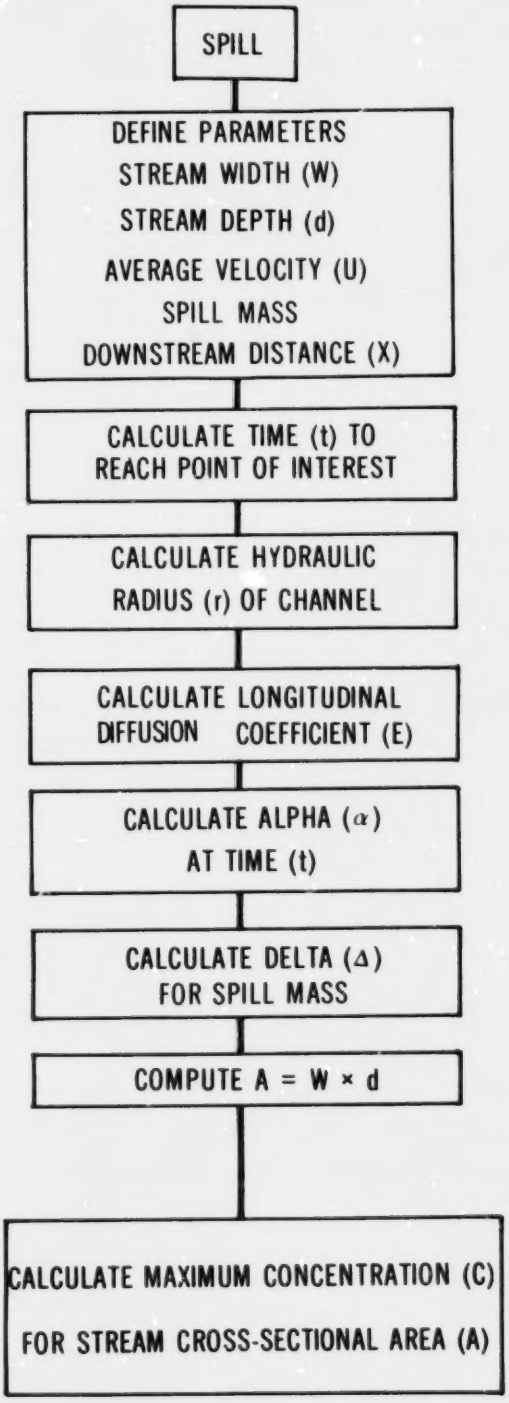
---

* Alpha and delta are conversion factors only and are of no significance other than to facilitate calculation of downstream concentration.

FIGURE 14

CALCIUM CHLORIDE

FLOW CHART TO DETERMINE POLLUTANT CONCENTRATION IN NON-TIDAL RIVERS



Step 1: Observed or Estimated

W = _____ m

d = _____ m

U = _____ m/s

MASS = _____ tonnes

X = _____ m

Step 2: Use Figure 15

t = _____ minutes

Step 3: Use Figure 16

r = _____ m

Step 4: Use Figure 17

E = _____ m^2/s

Step 5: Use Figure 18

α = _____

Step 6: Use Figure 19

Δ = _____

Step 7: Compute stream cross-sectional Area (A)

A = W × d _____ m^2

Step 8: Use Figure 20

C = _____ ppm

FIGURE 15

CALCIUM CHLORIDE

TIME vs DISTANCE

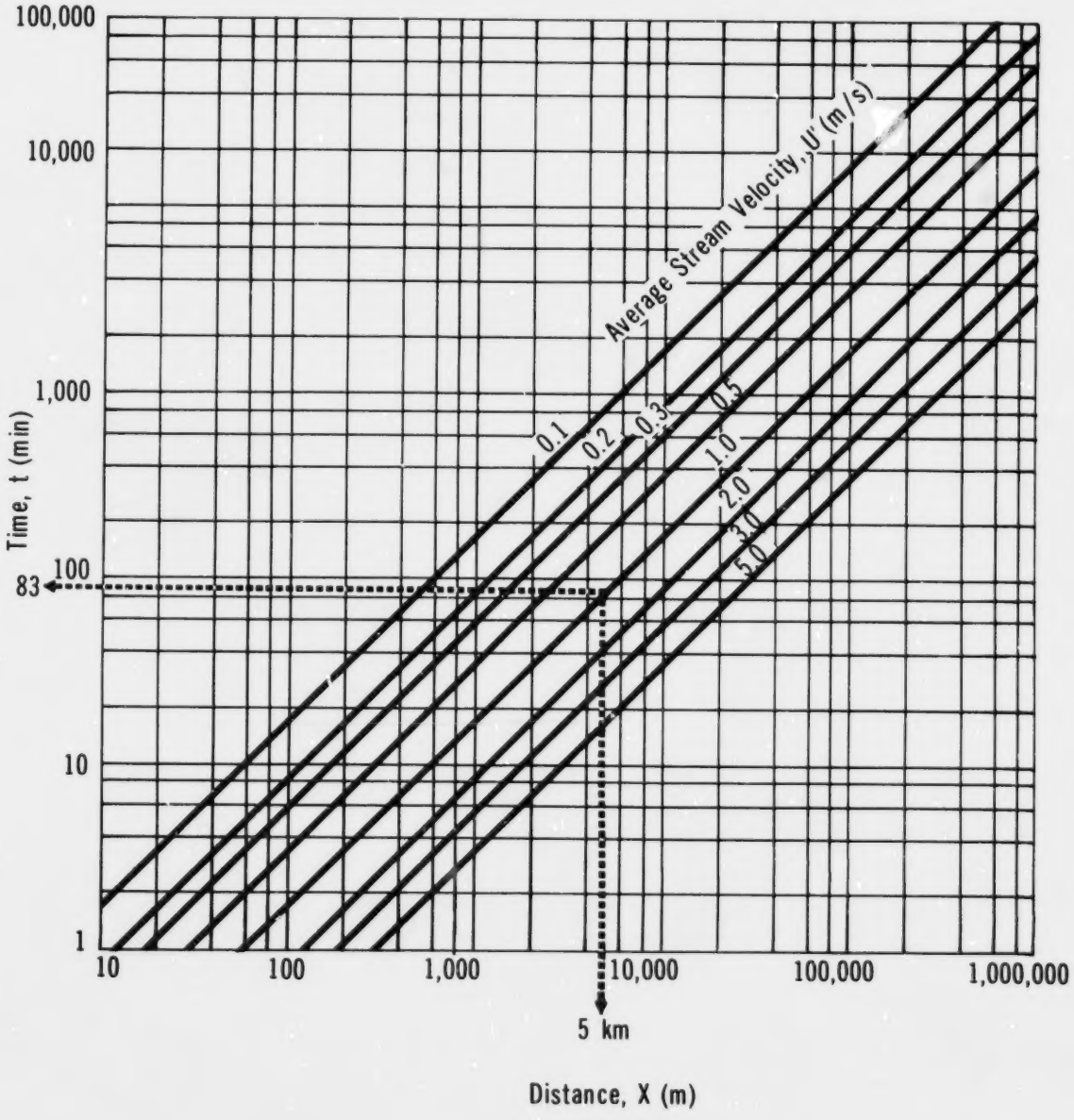
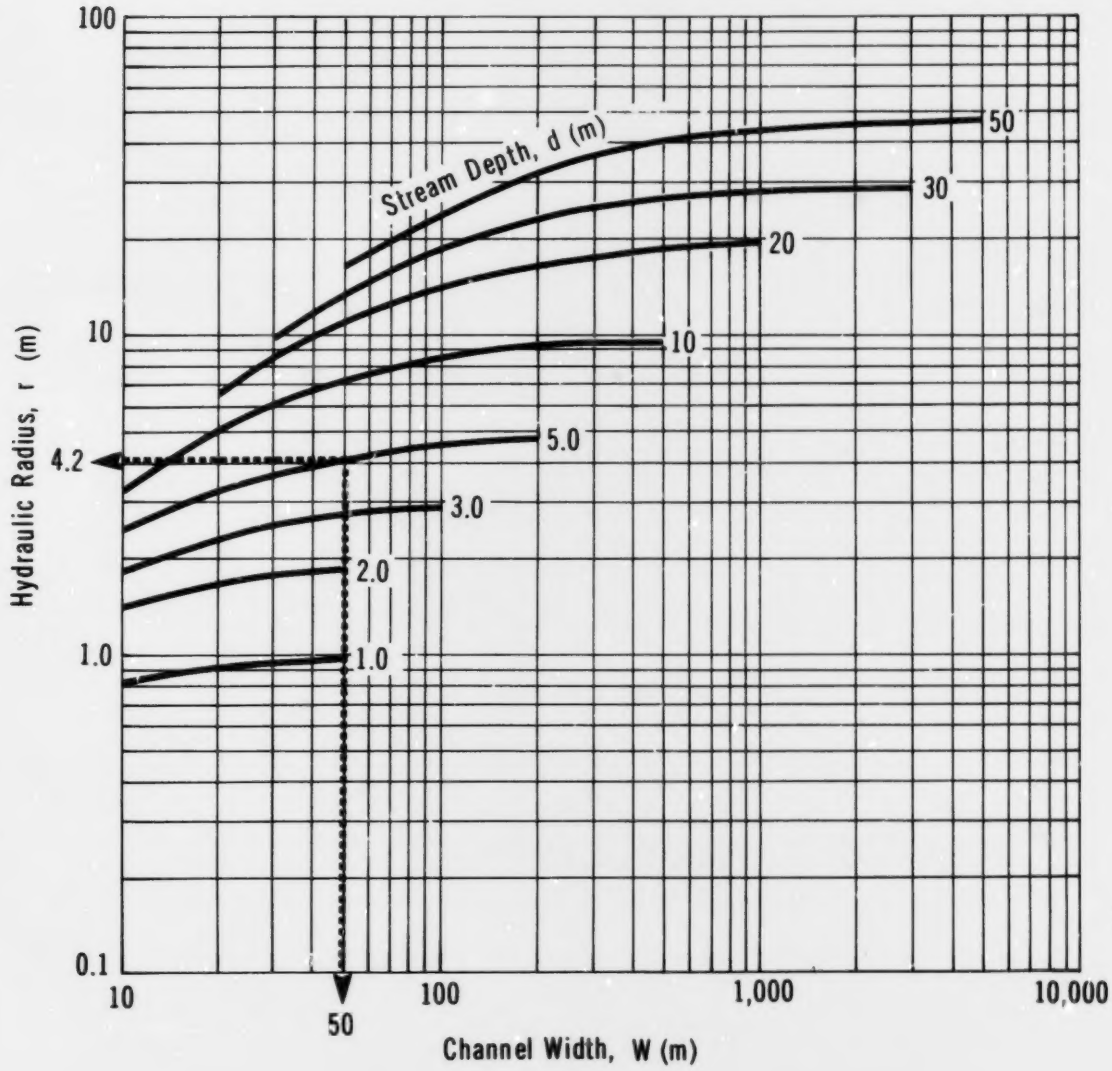


FIGURE 16

CALCIUM CHLORIDE

HYDRAULIC RADIUS VS CHANNEL WIDTH



the turbulent diffusion coefficient (E). The hydraulic radius (r) is defined as the stream cross-sectional area (A) divided by the wetted perimeter (P). Figure 16 is a nomogram for computation of the hydraulic radius (r) using the width and depth of the idealized river cross-section.

Figure 17: Diffusion coefficient versus hydraulic radius. Figure 17 permits calculation of the longitudinal diffusion coefficient (E), knowing the hydraulic radius (r) from Figure 16 and the average stream velocity (U).

Figure 18: Alpha versus diffusion coefficient. Figure 18 is used to estimate a conversion factor alpha (α), which is a function of the diffusion coefficient (E) and the time (t) to reach the point of interest downstream of the spill.

Figure 19: Alpha versus delta. A second conversion factor, delta (Δ), must be estimated from Figure 19 to allow determination of pollutant concentration at the point of interest. Delta (Δ) is a function of alpha (α) and the spill mass.

Figure 20: Maximum concentration versus delta. Figure 20 represents the final step for calculation of the maximum downstream pollutant concentration (C) at the point of interest. Using the factor delta (Δ) and knowing the stream cross-sectional area (A), the concentration (C) is readily obtained from the nomogram. The value obtained from Figure 20 applies to neutrally buoyant liquids or solids and will vary somewhat for other pollutants which are heavier or lighter than water.

5.4.2.2 Nomograms for lakes or still water bodies.

Figure 21: Volume versus radius. The spill of a neutrally buoyant liquid in a lake in the absence of wind and current has been idealized as a cylinder of radius (r) and length (d), equivalent to the depth of the lake at the point of spill. The volume of water in the cylinder can be obtained from Figure 21. The radius (r) represents the distance from the spill to the point of interest.

Figure 22: Average concentration versus volume. For a known volume of water (within the idealized cylinder of radius (r) and length (d)), the average concentration of pollutant (C) can be obtained from Figure 22 for a known mass of spill. This assumes the pollutant is spread evenly throughout the cylinder. For pollutants that are more or less dense than water, the actual concentration at the bottom would be higher or lower, respectively.

FIGURE 17

CALCIUM CHLORIDE

DIFFUSION COEFFICIENT VS HYDRAULIC RADIUS

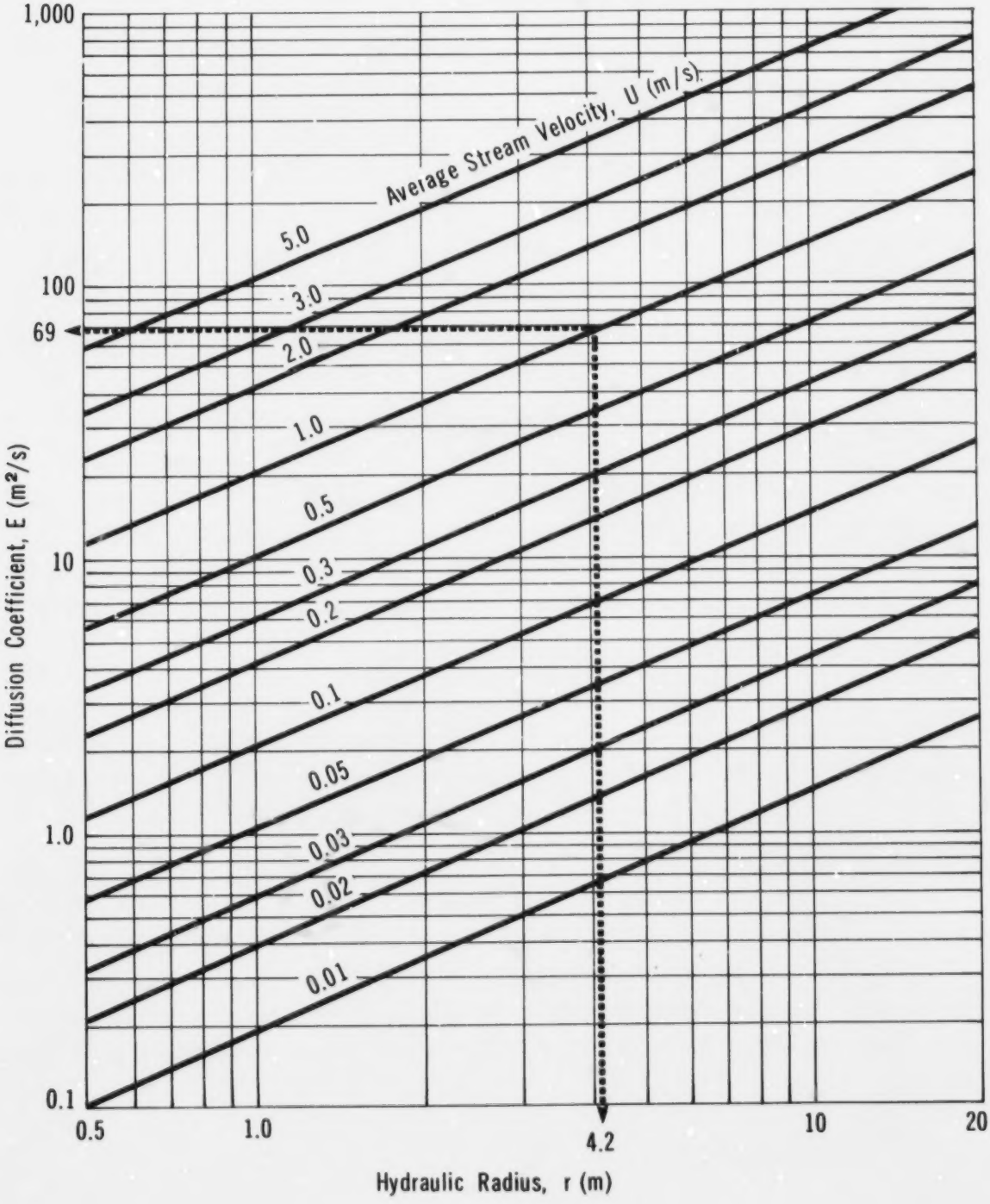


FIGURE 18

CALCIUM CHLORIDE

ALPHA vs DIFFUSION COEFFICIENT

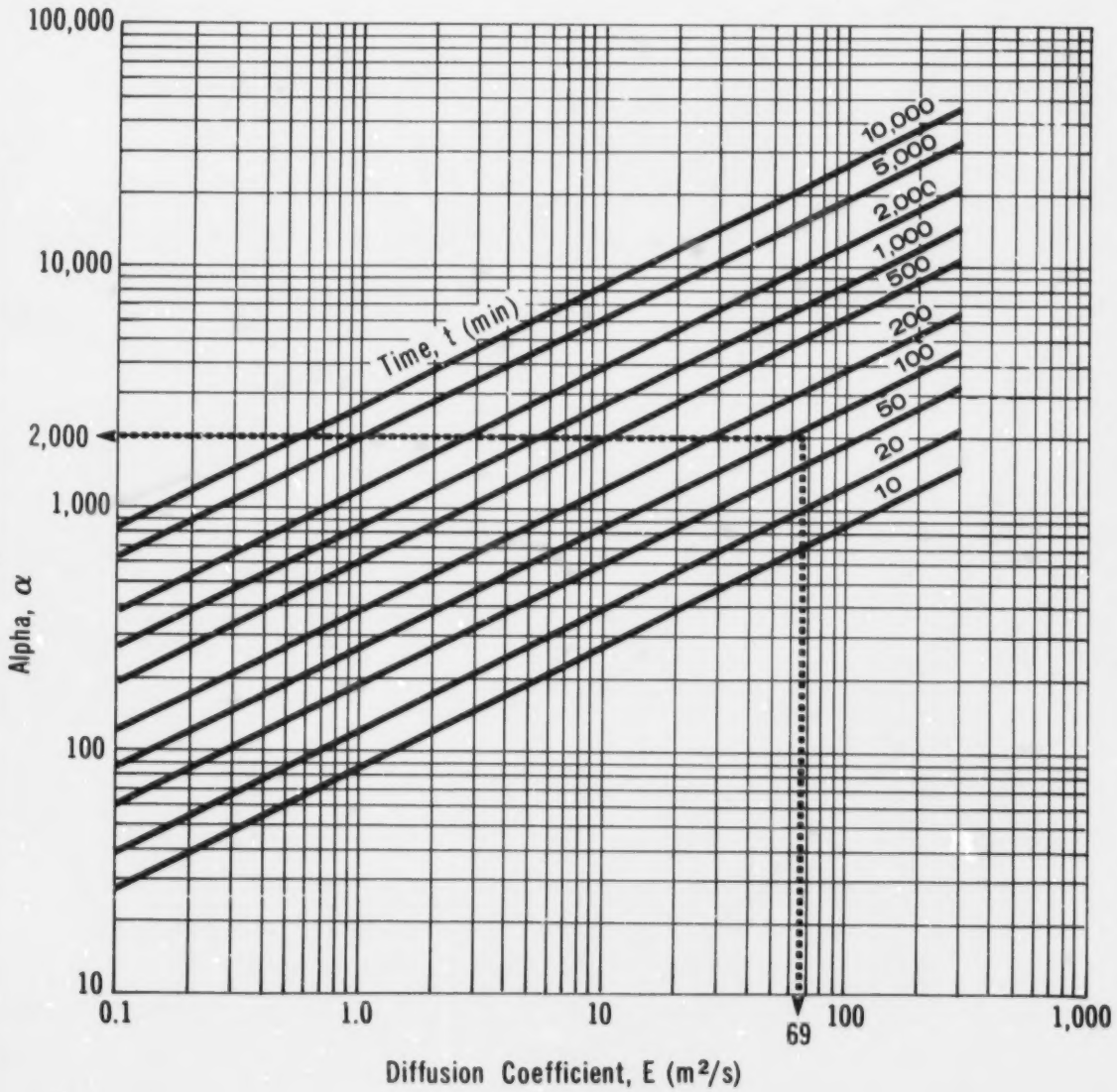


FIGURE 19

CALCIUM CHLORIDE

ALPHA vs DELTA

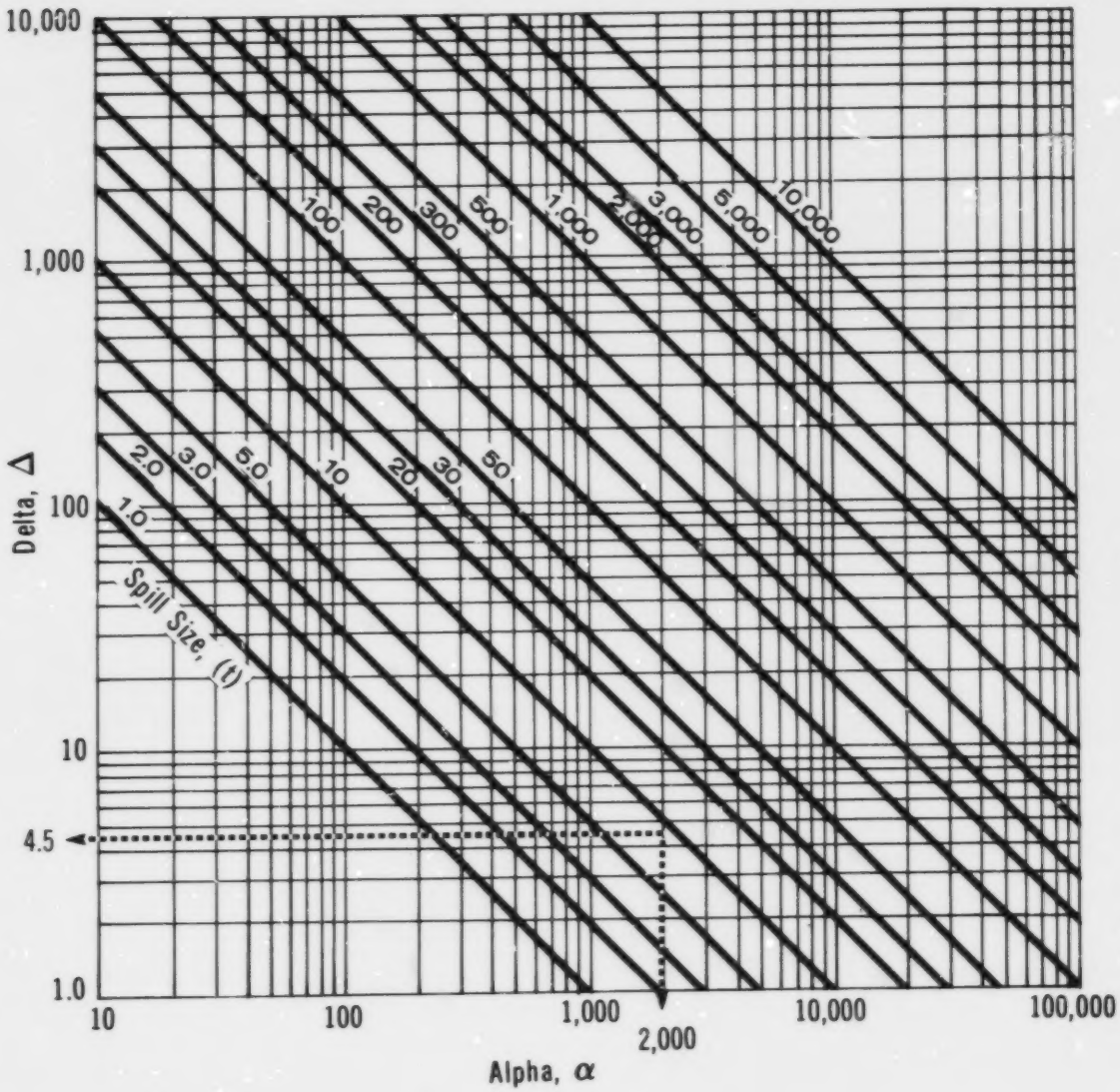


FIGURE 20

CALCIUM CHLORIDE

MAXIMUM CONCENTRATION vs DELTA

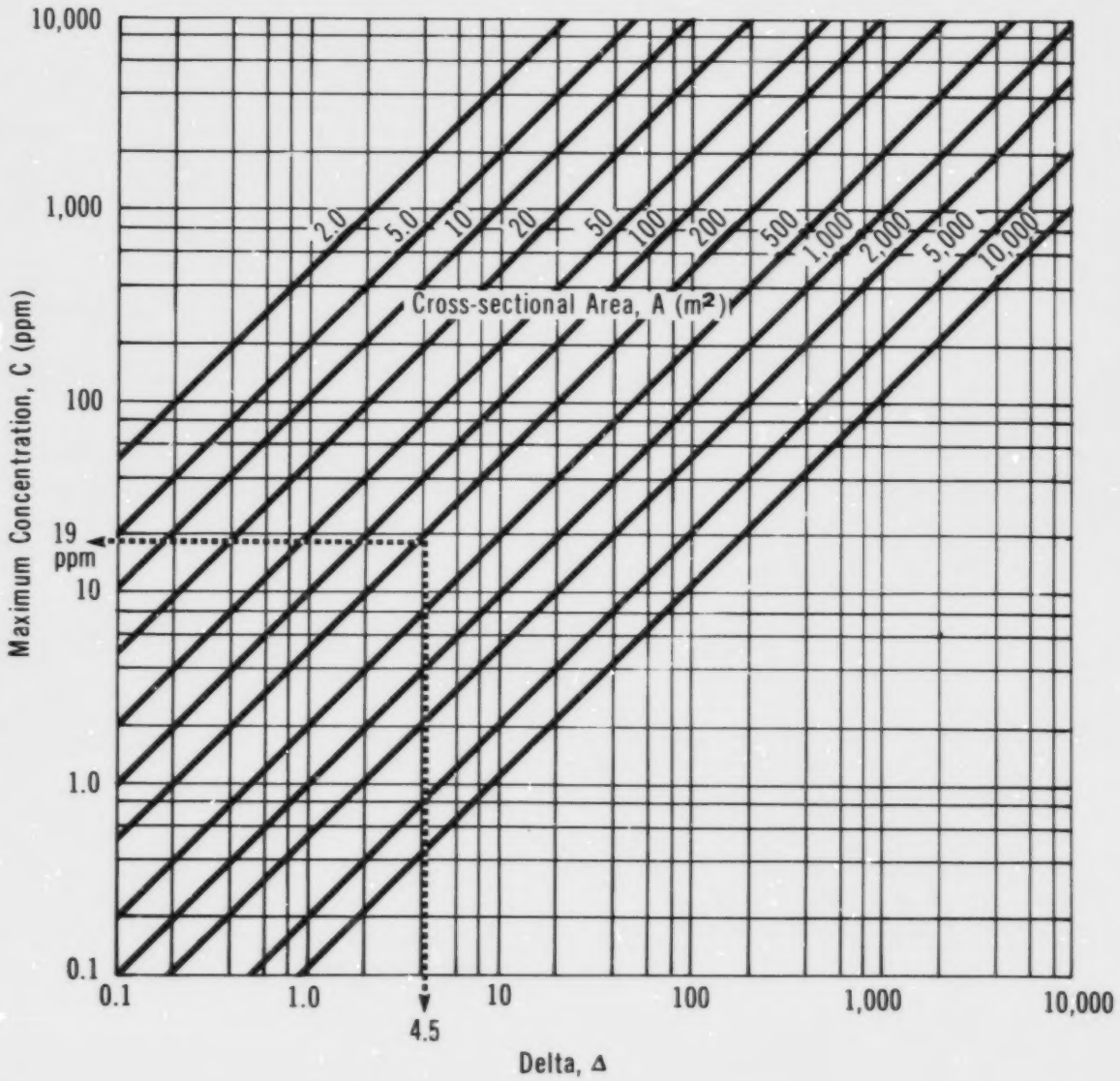


FIGURE 21

CALCIUM CHLORIDE

VOLUME vs RADIUS

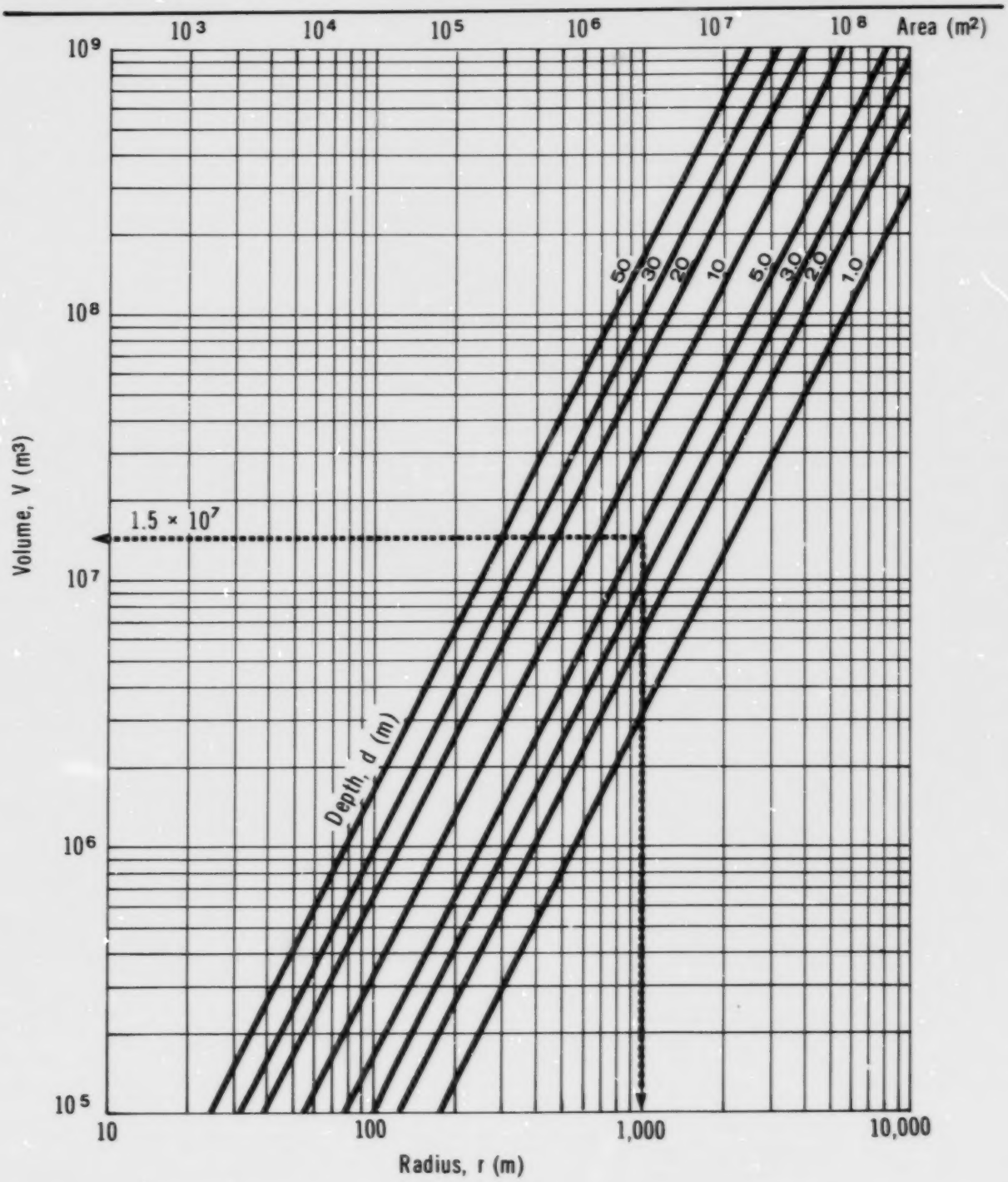
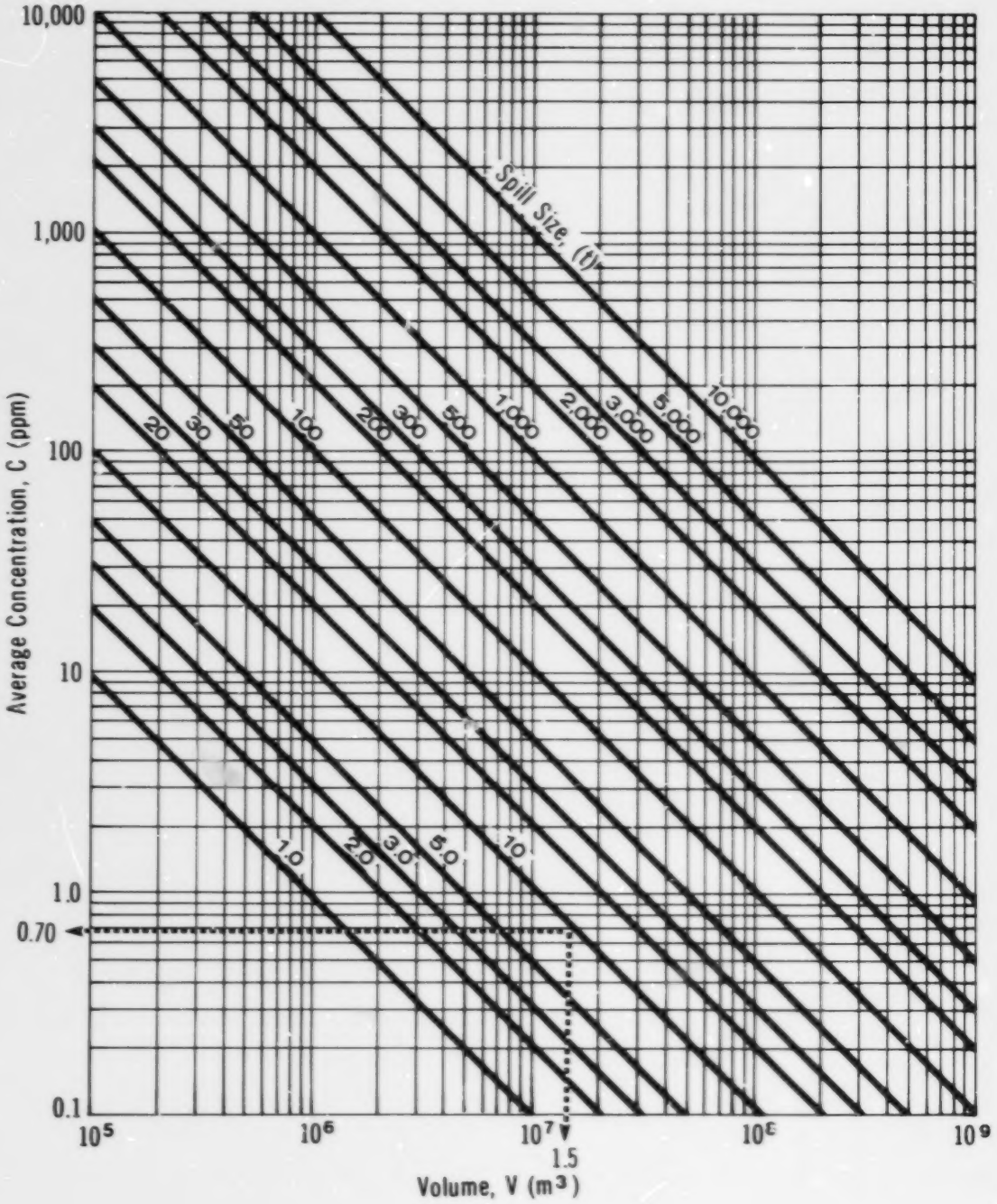


FIGURE 22

CALCIUM CHLORIDE

AVERAGE CONCENTRATION vs VOLUME



5.4.3 Sample Calculations.

5.4.3.1 Pollutant concentration in non-tidal river. A 20 tonne spill of 45 percent calcium chloride liquor has occurred in a river. The stream width is 50 m and the stream depth is 5 m. The average stream velocity is estimated at 1 m/s. What is the maximum concentration expected at a water intake located 5 km downstream?

Solution

Step 1: Define parameters

- W = 50 m
- d = 5 m
- U = 1 m/s
- spill mass = 20 tonnes of 45 percent liquor, equivalent to 9 tonnes of 100 percent calcium chloride
- X = 5,000 m

Step 2: Calculate time to reach point of interest

- Use Figure 15
- With X = 5,000 m and U = 1 m/s, t = 83 min

Step 3: Calculate hydraulic radius (r)

- Use Figure 16
- With W = 50 m and d = 5 m, r = 4.2 m

Step 4: Calculate longitudinal diffusion coefficient (E)

- Use Figure 17
- With r = 4.2 m and U = 1 m/s, E = 69 m^2/s

Step 5: Calculate alpha (α)

- Use Figure 18
- With E = 69 m^2/s and t = 83 min, α = 2,000

Step 6: Calculate delta (Δ)

- Use Figure 19
- With alpha (α) = 2,000 and spill mass = 9 tonnes (100 percent calcium chloride), delta (Δ) = 4.5

Step 7: Compute stream cross-sectional area (A)

- $A = W \times d = 50 \times 5 = 250\ m^2$

Step 8: Calculate maximum concentration (C) at point of interest

- Use Figure 20
- With $\Delta = 4.5$ and $A = 250\ m^2$, C = 19 ppm

5.4.3.2 Average pollutant concentration in lakes or still water bodies. A 20 tonne spill of 45 percent calcium chloride liquor has occurred in a lake. The point of interest is located on the shore approximately 1 000 m from the spill. The average depth between the spill site and the point of interest is 5 m. What is the average concentration which could be expected?

Solution

Step 1: Define parameters

- d = 5 m
- r = 1 000 m
- spill mass = 9 tonnes (equivalent)

Step 2: Determine the volume of water available for dilution

- Use Figure 21
- With r = 1 000 m, d = 5 m, the volume is approximately $1.5 \times 10^7\ m^3$

Step 3: Determine the average concentration

- Use Figure 22
- With $V = 1.5 \times 10^7\ m^3$ and mass = 9 tonnes, the average concentration is 0.7 ppm

5.5 Subsurface Behaviour: Penetration into Soil

5.5.1 Mechanisms. The principles of contaminant transport in soil and their application to this work are presented in the Introduction Manual. Special considerations related to the spill of calcium chloride onto soil and its transport downward through the soil are presented here.

Calcium chloride is transported frequently as a solid. Consequently, when spilled, only limited groundwater contamination hazard exists if the soil is dry and if no

precipitation falls prior to cleanup. However, if precipitation or other forms of moisture are present, groundwater contamination can be expected.

Since calcium chloride is very soluble (42.5 g/100 mL at 20°C), strong salt solutions can infiltrate the soil. Some interaction between $CaCl_2$ and the soil, probably in the form of ion exchange, will occur. However, much of the salt together with exchanged ions will migrate downward through the soil. If the soil surface is saturated with moisture at the time of the spill, as might be the case after a rainfall, the spilled chemical may run off in surface water.

The soils have been assumed to be at field capacity (the maximum amount the soil will retain after excess water is drained off). This situation provides very little interstitial water to dilute the chemical during transport or to impede its downward movement and thus represents "worst case" analysis.

Upon reaching the groundwater table, the contaminant will continue to move, now in the direction of groundwater flow. A contaminated plume will be produced, with diffusion and dispersion serving to reduce the concentration somewhat. This is shown schematically in Figure 23.

5.5.2 Equations Describing Calcium Chloride Movement into Soil. The equations and assumptions used to describe contaminant movement in solution downward through the unsaturated soil zone toward the groundwater table have been described in the Introduction Manual. Transport velocities have been based on Darcy's Law assuming saturated piston flow.

5.5.3 Saturated Hydraulic Conductivity of Calcium Chloride Solutions in Soil. The saturated hydraulic conductivity (K_o), in m/s, is given by:

$$K_o = \frac{(\rho g)k}{\mu}$$

where:

k = intrinsic permeability of the soil (m^2)

ρ = mass density of the fluid (kg/m^3)

μ = absolute viscosity of the fluid (Pa·s)

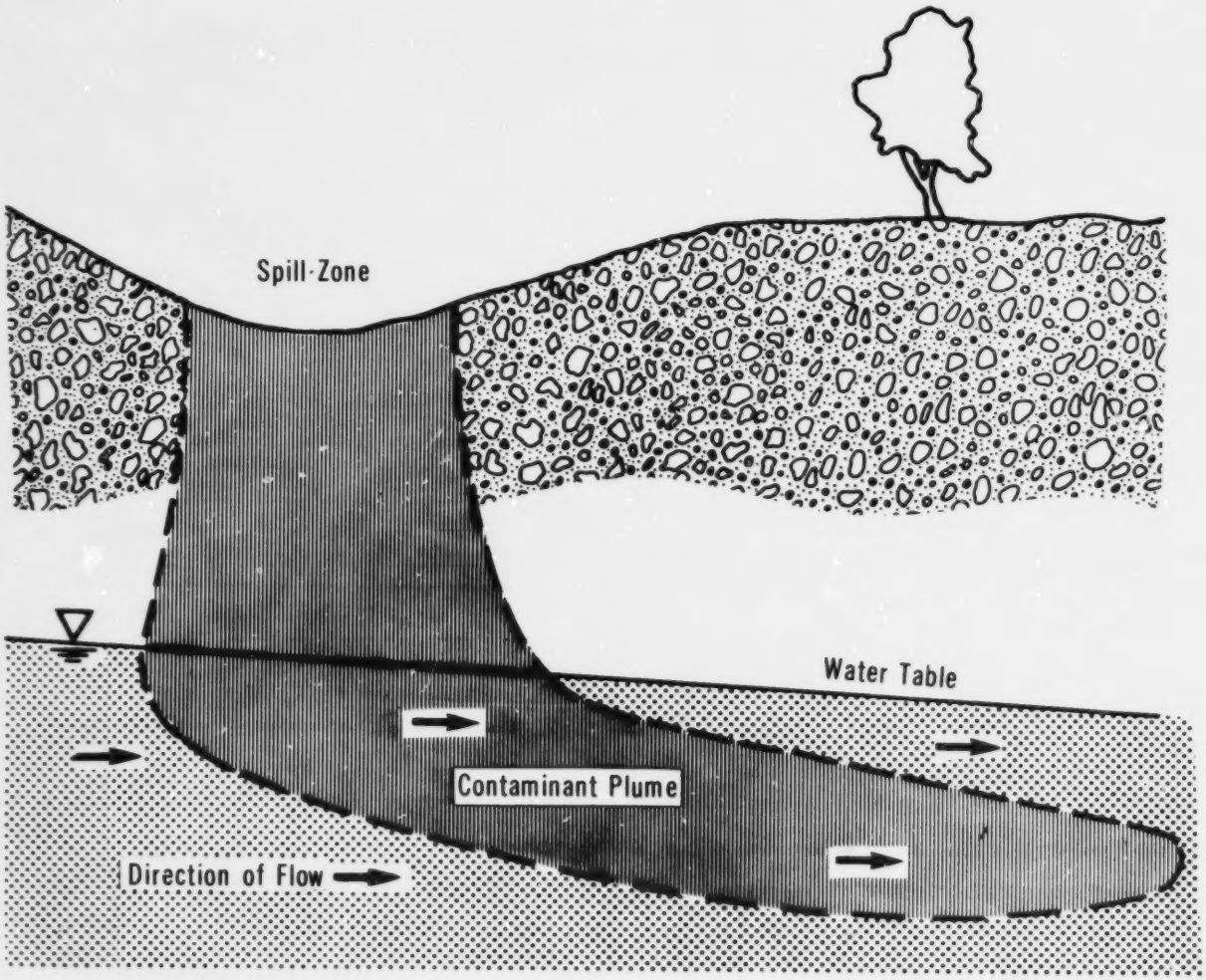
g = acceleration due to gravity = 9.81 m/s^2

The fluids involved are water and a 30 percent by weight solution of calcium chloride, an example of a strong solution. The water calculations represent the extreme as the $CaCl_2$ solution is diluted.

FIGURE 23

CALCIUM CHLORIDE

SCHEMATIC SOIL TRANSPORT



Soil: Coarse Sand

–Porosity (n) = 0.35

–Intrinsic Permeability (k) = 10^{-9} m^2

–Field Capacity (θ_{fc}) = 0.075

Property	Calcium Chloride (30%)		Water
	20°C	4°C	20°C
Mass density (ρ), kg/m^3	1,282	1,284	998
Absolute viscosity (μ), Pa·s	3.5×10^{-3}	2.5×10^{-3}	1.0×10^{-3}
Saturated hydraulic conductivity (K_o), m/s	$(0.36 \times 10^7)k$	$(0.49 \times 10^7)k$	$(0.98 \times 10^7)k$

5.5.4 Soils. The Introduction Manual describes the three soils selected for this work. Their relevant properties are:

Property	Soil Type		
	Coarse Sand	Silty Sand	Clay Till
Porosity (n), m^3/m^3	0.35	0.45	0.55
Intrinsic permeability (k), m^2	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Field capacity (θ_{fc}), m^3/m^3	0.075	0.3	0.45

5.5.5 Penetration Nomograms. Nomograms for the penetration of calcium chloride into the unsaturated zone above the groundwater table were prepared for each soil. They present penetration time (t_p) plotted against depth of penetration (B). Because of the methods and assumptions used, the penetration depth should be considered as a maximum depth in time t_p.

A flowchart for the use of the nomograms is presented in Figure 24. The nomograms are presented as Figures 25, 26 and 27. The water line on the nomograms represents the maximum penetration of water at 20°C in time t_p. It is a limiting condition as calcium chloride becomes diluted with water.

5.5.6 Sample Calculation. A 20 tonne spill of calcium chloride has occurred on coarse sand. The temperature is 20°C; the spill radius is 8.6 m. During cleanup, it begins to rain. Calculate the depth of penetration 20 minutes after the rain has started.

FIGURE 24

CALCIUM CHLORIDE

FLOWCHART FOR NOMOGRAM USE

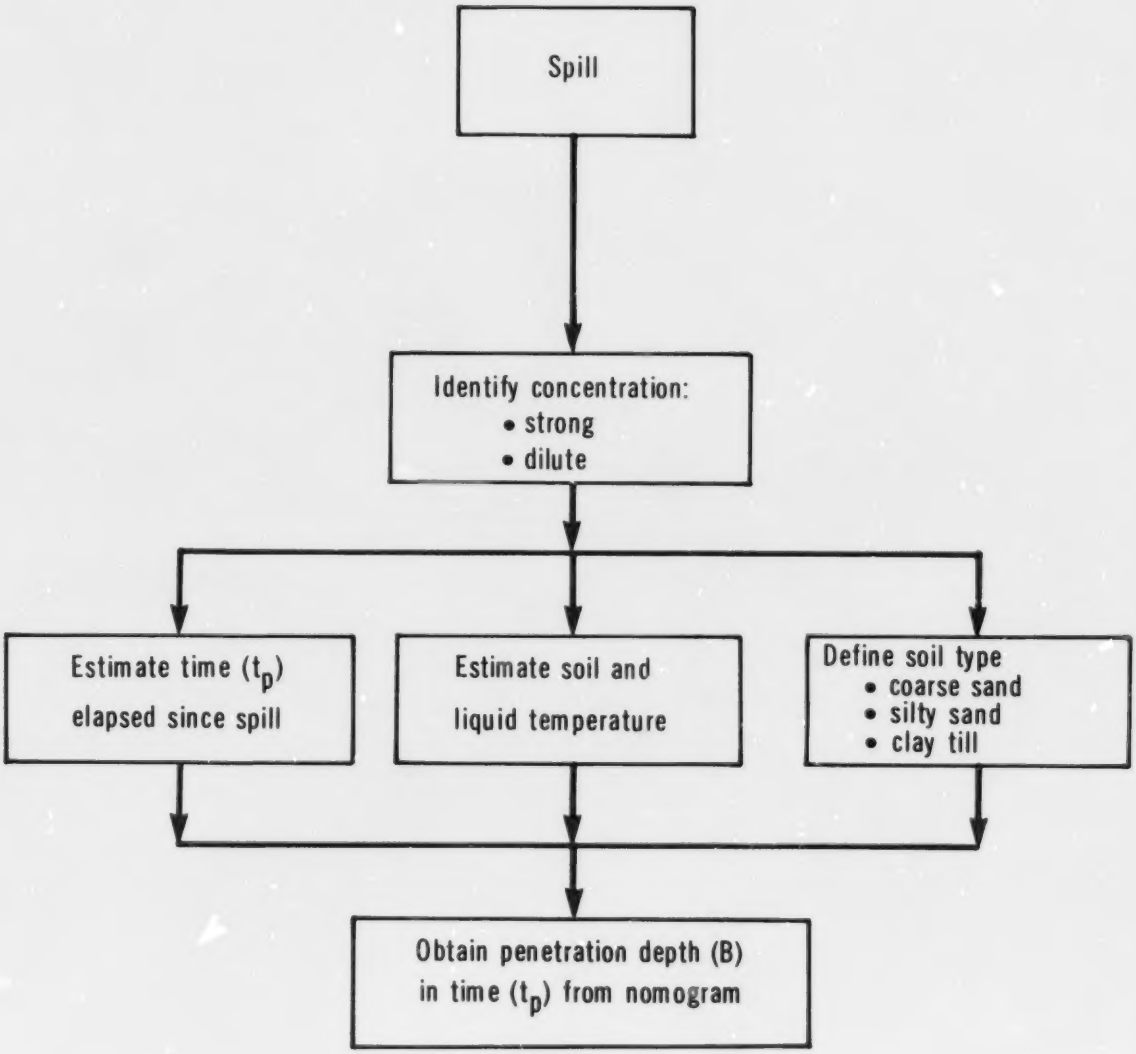


FIGURE 25

CALCIUM CHLORIDE

PENETRATION IN COARSE SAND

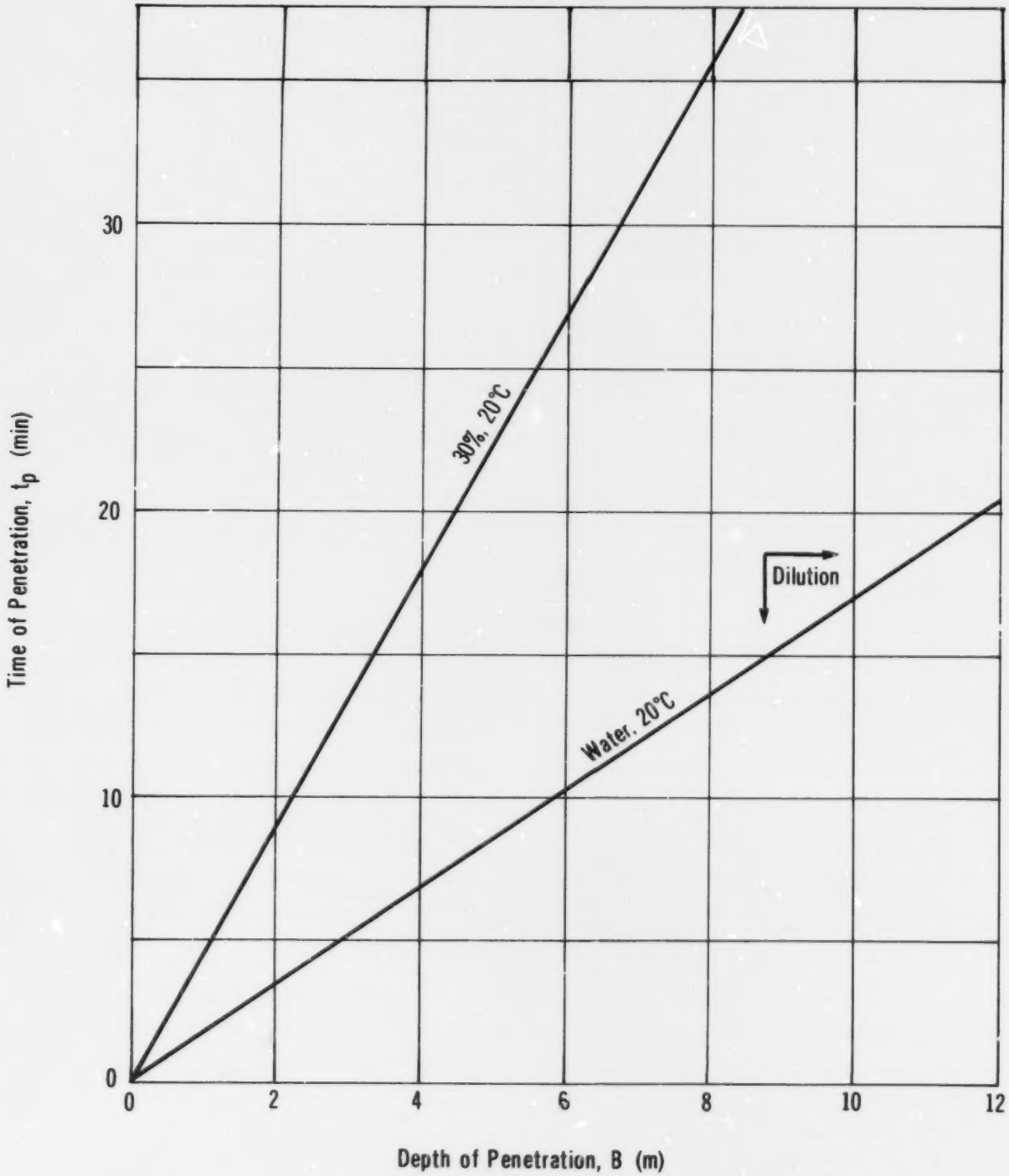


FIGURE 26

CALCIUM CHLORIDE

PENETRATION IN SILTY SAND

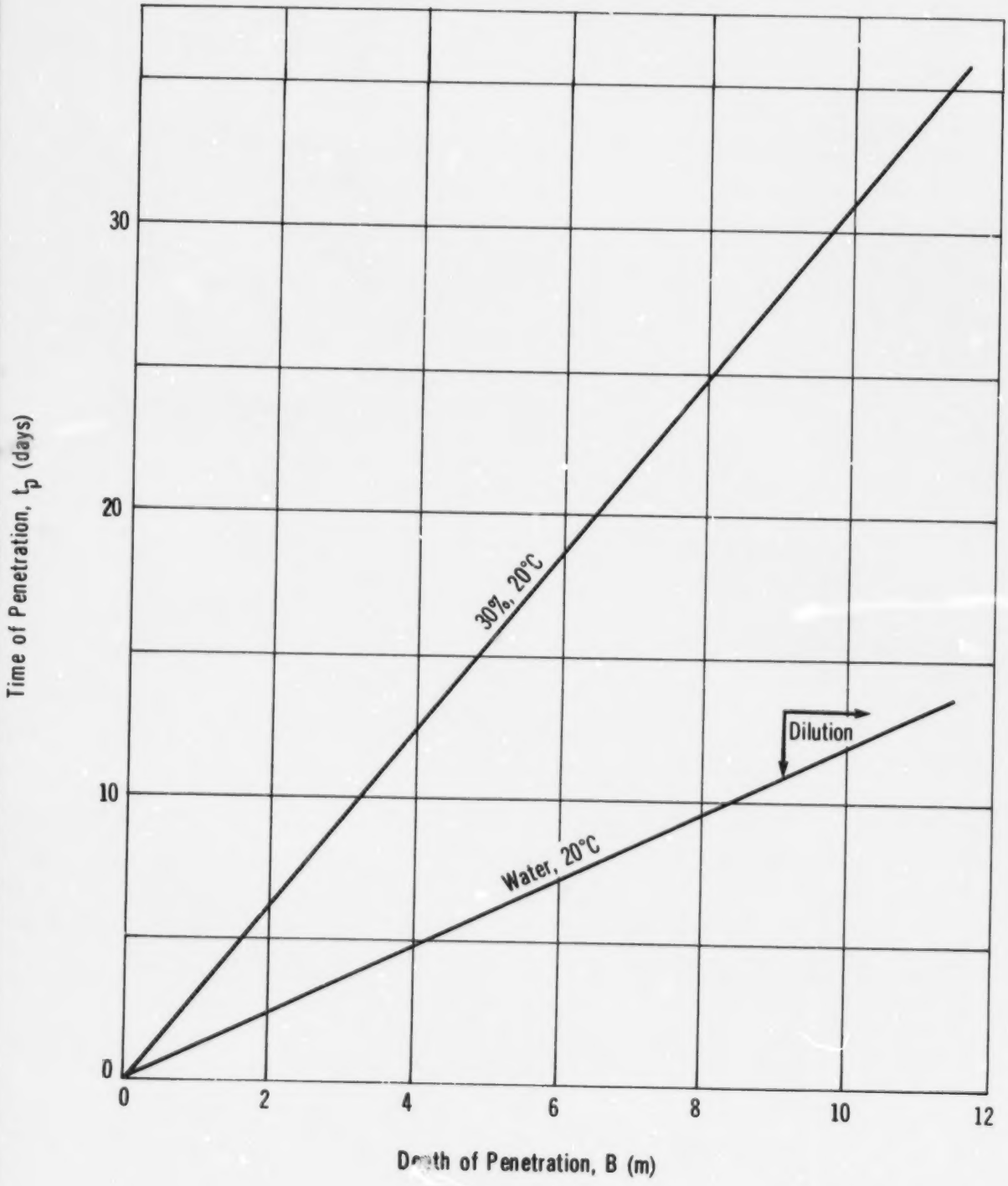
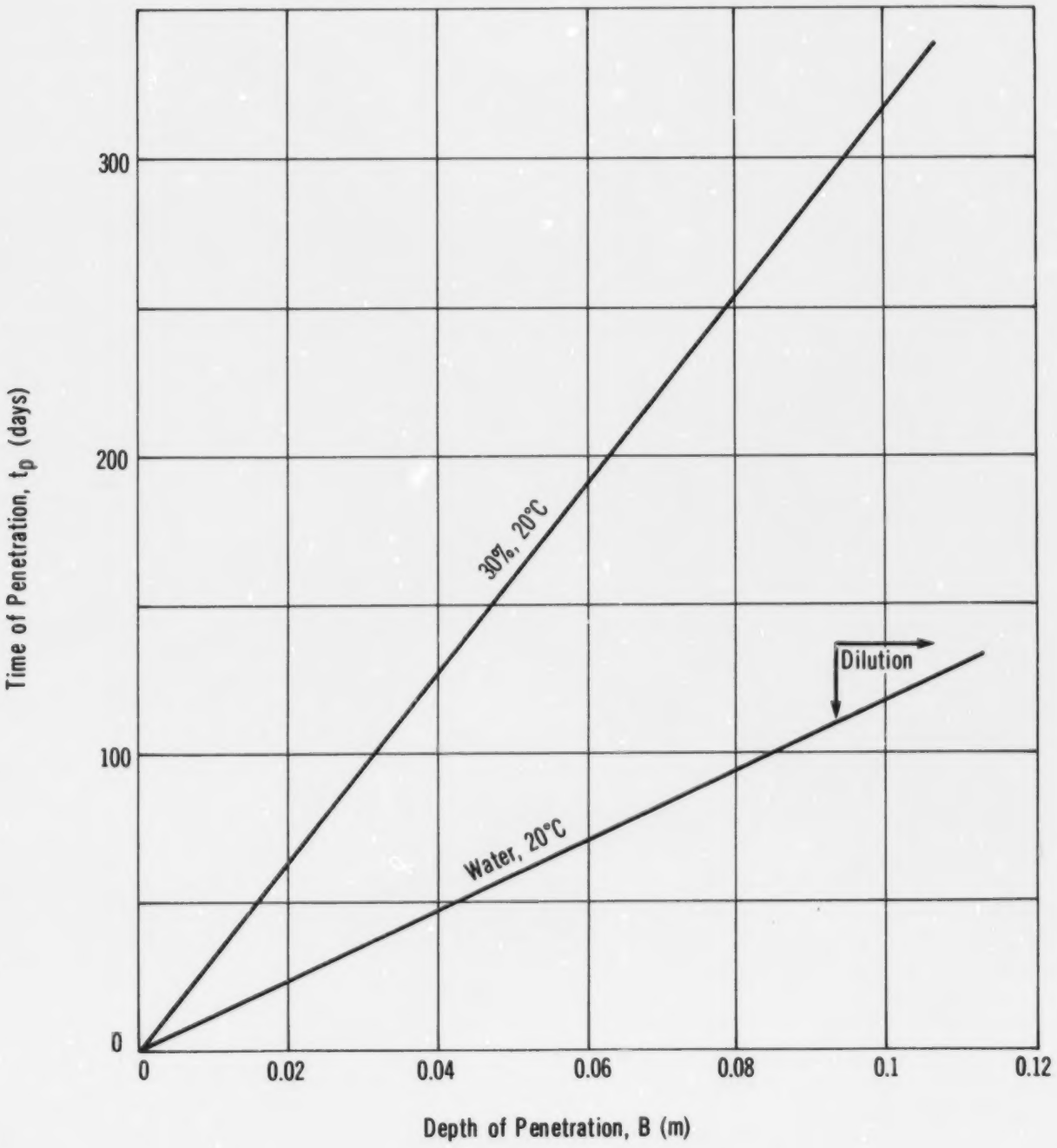


FIGURE 27

CALCIUM CHLORIDE

PENETRATION IN CLAY TILL



Solution

Step 1: Define parameters

- Mass spilled = 20,000 kg (20 tonnes)
- T = 20°C
- r = 8.6 m
- Soil = coarse sand
- Groundwater table depth (d) = 13 m
- Time since rain (t_p) = 20 min

Step 2: Calculate area of spill

- $A = \pi r^2 = 232\ m^2$

Step 3: Estimate depth of penetration (B) at time (t_p)

- For coarse sand, and t_p = 20 min, using Figure 25, the penetration range is:

  9.3 m for a 30 % solution

  11.9 m for a dilute solution (water, worst case)

- Groundwater table has not been reached at this point

6 ENVIRONMENTAL DATA

6.1 Suggested or Regulated Limits

6.1.1 Water. 500 mg/L has been recommended as a drinking water limit to avoid salty taste. However, concentrations as low as 50 mg/L may be objectionable (WQC 1963).

For irrigation, 350 mg/L has been recommended as a limit; for long-term use, 100 mg/L is preferred. For livestock use, limits of 1,000 and 500 mg/L have been proposed, the latter for chloride toxicity (Todd 1970).

6.1.2 Air. In Canada, there are no regulations governing airborne calcium chloride levels.

6.2 Aquatic Toxicity

6.2.1 U.S. Toxicity Rating. Calcium chloride has been assigned a TL_m96 (4-day median lethal toxicity rating) of greater than 1,000 mg/L (RTECS 1979).

6.2.2 Measured Toxicities.

6.2.2.1 Freshwater toxicity.

Conc. (mg/L)	Time (hours)	Species	Result	Water Conditions	Reference
Fish Kill Data					
555	168	Rock bass	killed	tap	WQC 1963
2,775	48	Minnows	killed	distilled	WQC 1963
5,000	142	Shiners	killed		WQC 1963
7,752	22	Goldfish	killed		WQC 1963
Fish Toxicity Tests					
8,400	24	Bluegill	TL_m	synthetic	WQC 1963
9,500	96	Bluegill	TL_m	standard	WQC 1963
10,650	96	Sunfish	TL_m		WQC 1963
13,400	96	Mosquito fish	TL_m	turbid	WQC 1963
12,060	not stated	Pickerel fry	immobilized	Lake Erie	WQC 1963
22,080	not stated	Whitefish fry	immobilized	Lake Erie	WQC 1963

Conc. (mg/kg)	Species	Result	Reference
Vertebrates			
660	Frog	LD_{LO} (subcutaneous)	RTECS 1979

Conc. (mg/L)	Time (hours)	Species	Result	Water Conditions	Reference
Microorganisms					
900	64	*Daphnia magna*	threshold	Lake Erie	Anderson 1948
3,130	120	*Nitzschia linearis*	LC_{50}	static	WQCDB-5 1973

6.2.2.2 Saltwater toxicity.

Conc. (mg/L)	Time (hours)	Species	Result	Water Conditions	Reference
Fish Toxicity Test					
2,400	48	Marine fish	TL_m	sea water	OHM-TADS 1981

6.3 Toxicity to Other Biota

6.3.1 Livestock.

Conc. (mg/L)	Animal	Result	Reference
10,000 to 15,000	Cow	moderate effect on nerves, appetite	WQC 1963
20,000 to 25,000	Sheep	tolerated for 6 weeks	WQC 1963
15,000 to 20,000	Chicken	interfered with growth	WQC 1963

6.3.2 Plants. High concentrations of calcium chloride in irrigation water will reduce plant growth. The chloride ion threshold limit for chronic plant toxicity is 100 ppm (OHM-TADS 1981).

A number of studies have been conducted on the effects of calcium chloride and sodium chloride as a result of their use as road de-icers (NRCC 1977). Damage to roadside vegetation has been reported and is attributed largely to the absorption of salt splashed on foliage. In one study, sugar maples were exposed to runoff of NaCl and $CaCl_2$ for 6 winters (total treatment of 112 tonnes/ha per treatment and 15 treatments per winter at weekly intervals). Leaves of these maple trees contained 3 to 6 times the chloride (Cl^-) concentration compared to a control stand. Damage to the maples varied but could be correlated with the chloride concentration in the leaf: 0.5 to 6 mg/g dry weight - little damage; 4 to 10 mg/g - slight damage; and >10 mg/g - severe damage (NRCC 1977). Conifers are probably more susceptible to salt spray than other vegetation. Although they do not grow during winter, they remain photosynthetically active; salt splashed onto the needles would thus have damaging effects (NRCC 1977). Grasses are less susceptible than conifers to damage probably because of their inactivity in winter. In a series of tests, Kentucky 31 Fescue was found to be the most resistant of grasses and could tolerate up to 5 g NaCl/kg of soil (NRCC 1977). Several studies have shown foliage damage where salt (NaCl and $CaCl_2$) was employed and have correlated this to the high level of chloride (Cl^-) in foliage and twigs. Some studies have noted a higher occurrence of damage on the downwind portion of roads, thus indicating that sprayed salt has a higher potential for damage than that transmitted through the soil (NRCC 1977).

A generally accepted index of crop response to salt (applicable to $CaCl_2$) is as follows (NRCC 1977):

Salt Concentration (g/L of soil)	Effect on Yield
0 - 1.3	Salinity effects negligible
1.3 - 2.6	Yields of sensitive crops affected
2.6 - 5.1	Yields of many crops restricted
5.1 - 10.2	Only tolerant crops yield satisfactorily
>10.2	Only a few very tolerant crops yield satisfactorily

6.4 Effect Studies

6.4.1 Animals. The acute toxicity of calcium chloride for mammals is a LD_{50} (oral) of 1,000 to 5,000 mg/kg (WQCDB-2 1971).

6.5 Degradation

Calcium chloride does not biodegrade; calcium levels in water are controlled by carbonate levels and pH (OHM-TADS 1981).

6.6 Long-term Fate and Effects

Calcium chloride does not bioaccumulate or have food chain contamination potential.

7 HUMAN HEALTH

Calcium chloride is a nonvolatile substance under normal conditions, thus limiting routes of exposure. Consequently, no data have been accumulated on the health effects of inhalation of calcium chloride in man or in animals. Published literature indicates that exposure to calcium chloride dust causes irritation to the eyes and throat while solutions can cause burns and eye damage when tissue contact is made. Prolonged exposure can cause serious burns, especially on previously injured tissue.

No data were found in the literature pertaining to any mutagenic, carcinogenic or teratogenic effects of the compound on man, animals or organisms.

Calcium chloride has been reported in the EPA TSCA inventory (RTECS 1979). The data summarized here are representative of information found in the literature. The toxicological data summarized here have been extracted from reliable standard reference sources. It should be noted that some of the data are for chronic (long-term), low-level exposures and may not be directly applicable to spill situations.

7.1 Recommended Exposure Limits

Established exposure limits for calcium chloride were not encountered in the literature.

7.2 Irritation Data

7.2.1 Skin Contact.

Exposure Level (and Duration)	Effects	Reference
SPECIES: Human		
-	Contact of solid with dry skin causes mild irritation; strong solutions can cause marked irritation, even a superficial burn	CHRIS 1978
-	Solution or solid will burn skin	CHRIS 1978

7.2.2 Eye Contact.

Exposure Level (and Duration)	Effects	Reference
SPECIES: Human		
-	Dust causes irritation and possible transient corneal injury	CHRIS 1978
-	Solution or solid will burn eyes	CHRIS 1978

7.3 Threshold Perception Properties

7.3.1 Odour. Odourless (CHRIS 1978)

7.3.2 Taste.

Parameter	Media	Concentration	Reference
Detection	In water	0.01 moles/L	ASTM 1980
Detection	In water	0.0076 moles/L	ASTM 1980

7.4 Long-term Studies

7.4.1 Inhalation. No data have been reported.

7.4.2 Ingestion.

Exposure Level (and Duration)	Effects	Reference
Acute Exposures		
SPECIES: Human		
	No data	
SPECIES: Rat		
1,000 mg/kg	LD_{50}	RTECS 1979
SPECIES: Rabbit		
1,384 mg/kg	LD_{LO}	RTECS 1979

7.4.3 Subcutaneous.

Exposure Level (and Duration)	Effects	Reference
SPECIES: Dog		
274 mg/kg	LD_{LO}	RTECS 1979
SPECIES: Cat		
249 mg/kg	LD_{LO}	RTECS 1979
SPECIES: Rabbit		
472 mg/kg	LD_{LO}	RTECS 1979
SPECIES: Frog		
666 mg/kg	LD_{LO}	RTECS 1979

7.4.4 Intravenous.

Exposure Level (and Duration)	Effects	Reference
SPECIES: Dog		
274 mg/kg	LD_{LO}	RTECS 1979
SPECIES: Cat		
249 mg/kg	LD_{LO}	RTECS 1979
SPECIES: Rabbit		
274 mg/kg	LD_{LO}	RTECS 1979
SPECIES: Rat		
161 mg/kg	LD_{LO}	RTECS 1979
SPECIES: Mouse		
42 mg/kg	LD_{50}	RTECS 1979

7.4.5 Intraperitoneal.

Exposure Level (and Duration)	Effects	Reference
SPECIES: Dog		
110 mg/kg	LD_{LO}	RTECS 1979
SPECIES: Rat		
500 mg/kg	LD_{LO}	RTECS 1979
SPECIES: Mouse		
280 mg/kg	LD_{50}	RTECS 1979

7.4.6 Intramuscular.

Exposure Level (and Duration)	Effects	Reference
SPECIES: Rat		
25 mg/kg	LD_{50}	RTECS 1979

7.4.7 Route of Exposure Not Specified.

Exposure Level (and Duration)	Effects	Reference
SPECIES: Human		
Calcium chloride, 7 mg/kg, and calcium gluconate, 20 mg/kg	Administered to patients with low or low-normal levels of serum ionized calcium, low blood pressure and other abnormalities. Resulted in increased serum ionized calcium levels, decreased serum potassium levels, and development of severe cardiac arrhythmias	Toxline (on-line) 1981

7.5 Symptoms of Exposure

General symptoms of exposure found in most information sources have not been specifically referenced. Only those of a more specific or unusual nature have their sources indicated.

7.5.1 Inhalation.

1. Irritation of nose and throat.
2. Causes nose bleeds (TDB (on-line) 1981).

7.5.2 Ingestion.

1. Irritation of mouth and stomach.
2. Nausea and vomiting.

7.5.3 Skin Contact.

1. Irritation.
2. Burns from strong solutions.
3. Mild irritation when solid contacts dry skin.

7.5.4 Eye Contact.

1. Irritation and eye discharge.
2. Possible transient corneal damage, particularly with dust.

8 CHEMICAL COMPATIBILITY

8.1 Compatibility of Calcium Chloride with Other Chemicals and Chemical Groups

SPECIFIC CHEMICAL OR CHEMICAL GROUP	HEAT GENERATION	FIRE	EXPLOSION	FORMATION OF FLAMMABLE GASES	VIOLENT POLYMERIZATION	DECOMPOSITION	FORMATION OF TOXIC FUMES	FORMATION OF SUBSTANCES OF GREATER TOXICITY	PRESSURIZATION IN CLOSED VESSELS	SOLUBILIZATION	VIOLENT REACTION	NON-HAZARDOUS REACTION	SPECIFICS	REFERENCE
GENERAL														
Water	x												Reacts with water exothermically (not violent)	Bretherick 1979
SPECIFIC CHEMICALS														
Bromine Trifluoride										x			Attacks calcium chloride	NFPA 1978
Furan-2-Peroxy-carboxylic Acid		x											Explodes upon addition of calcium chloride	NFPA 1978
Methyl Vinyl Ether	x				x								Initiates exothermic polymerization	Bretherick 1979
Zinc			x										Evolves hydrogen upon prolonged contact	Bretherick 1979

9 COUNTERMEASURES

9.1 Recommended Handling Procedures

The following procedures have been derived from a literature review. To avoid any deviation from the intended meaning, the wording of the original source has been presented essentially unchanged - in so doing, it is recognized that there may be some discrepancies between different sources of information. It is recognized that countermeasures are dependent on the situation, and thus what may appear to be conflicting information may in fact be correct for different situations. These procedures should not be considered as Environment Canada's recommendations.

9.1.1 Fire Concerns. Calcium chloride is a nonflammable material (Hooker MSDS 1972). The anhydrous, monohydrate, dihydrate and tetrahydrate forms of calcium chloride, when dissolved in water, produce considerable amounts of heat (Allied TESB 1958).

9.1.2 Fire Extinguishing Agents. Calcium chloride is not combustible; most fire-fighting agents can be used on fires involving calcium chloride (Dow ERIS 1979).

9.1.3 Spill Actions, Cleanup and Treatment.

9.1.3.1 General. Stop or reduce discharge of material if this can be done without risk. Avoid skin contact and inhalation (Dow ERIS 1979).

9.1.3.2 Spills on land. When solid calcium chloride is spilled on land, shovel into containers (avoid dusting) for recovery or disposal (Dow ERIS 1979). Solid spills - especially with a little water present - present a very slippery surface and thus should be removed with caution (CCPA 1982).

When calcium chloride solution is spilled on land, contain if possible by forming mechanical and/or chemical barriers to prevent spreading (EPA 670/2-75-042).

9.1.3.3 Spills in water. Contain if possible. Small quantities of contaminated water may be treated by adding soda ash (with a slight excess) and neutralizing the clear (decant) water with 6 M hydrochloric acid. Mixed ion exchange and reverse osmosis can also be used to treat contaminated water (OHM-TADS 1981).

9.1.4 Disposal. Waste calcium chloride must never be discharged directly into sewers or surface waters. Following treatment, either at the spill site or at a waste management facility, the resultant sludge can be disposed of to a secure landfill.

9.1.5 Protective Measures. For entry into a situation where the spilled material and its characteristics are unknown, self-contained breathing apparatus and a totally encapsulated chemical suit should be worn.

If the spilled material is known to be calcium chloride:

- Chemical safety glasses or faceshields, impervious clothing and mist protection equipment should be worn (Hooker MSDS 1972).
- Rubber boots, or well-oiled leather shoes are desirable when handling any calcium chloride product (Allied TESB 1958).
- Canvas gloves or gauntlets ordinarily are satisfactory in handling flake calcium chloride, but rubber gloves, or rubberized or latex coated canvas gauntlets are preferred for handling solutions. (Allied TESB 1958). Neoprene and vinyl should also be considered for gloves (Hooker MSDS 1972).
- A rubber or rubberized raincoat is suggested where clothing may become wet with calcium chloride solution (Allied TESB 1958).

10 PREVIOUS SPILL EXPERIENCE

This section contains information on previous spill experience which will be useful to readers in understanding spill response and countermeasures. Only those which meet this criterion are included; thus, the number of experiences (or lack of them, as in this case) is not an indication of the problems or frequency of spillage.

11 ANALYTICAL METHODS

The general approach adopted for each of the Priority Chemicals is as follows.

Methods have been documented here for analyses of samples from air, water and soil in a normally equipped chemical laboratory remote from the spill site. Customary sources of standard or recommended analytical methods were consulted, and outlines are presented for each chemical. These sources included publications of the U.S. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), the U.S. Environmental Protection Agency (EPA), the American Water Works Association (AWWA), the American Society for Testing and Materials (ASTM), and the American National Standards Institute (ANSI).

If the standard or recommended methods were judged to be reliable and specific enough for the analysis of environmental and materials samples from spill sites and if they do not require highly specialized laboratory equipment, no additional methods were sought.

If especially simple, reliable tests (e.g., commonly used industrial methods) were found, they have been presented as well.

11.1 Quantitative Method for the Detection of Calcium Chloride Particulates in Air

11.1.1 Atomic Absorption (NIOSH 1977). Calcium chloride particulates may be determined by atomic absorption spectroscopy using the method NIOSH recommends for calcium oxide. A range of 2.6 to 10.16 mg/m^3 (0.57 to 2.24 ppm) may be determined in air.

A known volume of air is drawn through a three-piece cassette filter holder capable of holding 37 mm filters. The filters are 0.8 mm cellulose-ester membrane. A sample volume of 85 L is recommended at a flow rate of 1.5 L/min.

The sample is transferred to a beaker and treated with 5 mL of concentrated nitric acid, heated on a hot plate (140°C) with a glass cover until most of the acid has evaporated. This step must be conducted in a fume hood. A 2 mL volume of concentrated nitric acid is added as well as 1 mL of 60 percent perchloric acid and the beaker covered with a glass cover. The sample is then heated until dense fumes of perchloric acid appear. Distilled water is used to rinse the sides of the beaker and the solution is evaporated to dryness. The sample is allowed to cool and the residue dissolved in 5 mL dilute (5.0 percent v/v) hydrochloric acid containing 1 percent lanthanum. The solution is quantitatively transferred to a 100 mL volumetric flask and two 5 mL rinsings of the

beaker are also added to the flask. The volume is then taken to 100 mL with dilute hydrochloric acid solution containing 1.0 percent lanthanum. The sample is aspirated into an oxidizing air-acetylene flame. The absorbance at a wavelength of 422.7 nm is recorded using a suitable atomic absorption spectrophotometer. The calcium chloride is determined using a calibration curve.

11.2 Quantitative Method for the Detection of Calcium Chloride in Water

11.2.1 Atomic Absorption Spectroscopy (ASTM 1979). A range of 0.3 to 15 mg/L (ppm) of calcium in water may be determined using atomic absorption spectroscopy.

At least 2 L of water are collected in an appropriate container. The sample should be filtered prior to aspiration into an atomic absorption spectrophotometer, if particulate matter is present.

A 100 mL volume of sample is mixed with 25 mL of 5.0 percent lanthanum solution prior to aspiration. The sample is aspirated into an air-acetylene flame at a wavelength of 422.7 nm and the absorbance recorded using a suitable atomic absorption spectrophotometer. The calcium is determined using absorbance values and a standard curve.

11.3 Qualitative Method for the Detection of Calcium Chloride in Water

The sample is collected as in Section 11.2.1. A clean platinum wire is dipped in the sample and the wire is held at the hottest part of a nonluminous bunsen burner flame. A brick-red flame indicates the presence of calcium. This test is not specific for calcium chloride (Welcher 1955).

11.4 Quantitative Method for the Detection of Calcium Chloride in Soil

11.4.1 Colourimetric (Hesse 1972). A maximum of 25 µg of calcium in soil can be determined in a 1.0 g soil sample using colourimetry.

A 10 g sample of 0.15 mm, oven dried, soil is placed in a 250 mL beaker and 20 mL of concentrated nitric acid are added. The beaker is covered and carefully heated to oxidize the organic matter. A 10 mL volume of 60 percent perchloric acid is added and the mixture digested until dense fumes of perchloric acid appear. This procedure must be conducted in a fume hood. The sides of the beaker are washed with 60 percent perchloric acid as necessary. The mixture is then evaporated until all excess of perchloric acid is gone.

A suitable aliquot of the soil extract is taken and transferred to a test tube. The aliquot is diluted to 10 mL with water. A 10 mL volume of absolute methanol is

added as well as 1 mL of buffer solution. This is prepared by dissolving 0.20 g sodium diethyl-dithiocarbamate in 100 mL of stock buffer solution. The stock buffer solution is prepared by dissolving 5.28 g of sodium tetraborate in 800 mL water and adding 10 g of sodium hydroxide. The mixture is allowed to cool then diluted to 1 L with water and stored in a polyethylene bottle. The pH of the buffer solution should be 12 and should be adjusted if necessary. To the sample is added 0.5 mL reagent solution prepared by dissolving 0.150 g glyoxal bis (2-hydroxyanil) in 30 mL of absolute methanol. The colour is developed for 25 minutes and the absorbance read on a suitable spectrophotometer at a wavelength of 535 nm. The calcium is determined using absorbance values and a standard curve.

11.5 Qualitative Method for the Detection of Calcium Chloride in Soil

The sample is collected as in Section 11.4.1 and the acid digestion procedure followed. A clean platinum wire is dipped in the sample and a few drops of 6 M hydrochloric acid are added. The platinum wire is held in the hottest part of a non-luminous bunsen burner flame. A brick-red flame indicates the presence of calcium. This test is not specific for calcium chloride (Welcher 1955).

12 REFERENCES AND BIBLIOGRAPHY

12.1 References

AAR 1983: Association of American Railroads, Washington, D.C., Private Communication (1983).

Allied TESB 1958: Allied Chemical Inc., Industrial Chemicals Division, Technical and Engineering Service Bulletin No. 16, Calcium Chloride, Morristown, New Jersey. (1958).

Anderson 1948: Anderson, B.G., "The Apparent Thresholds of Toxicity to Daphnia Magna for Chloride of Various Metals when Added to Lake Erie", Transactions of the American Fish Society, Vol. 78, pp. 96-113. (1948).

ASS: Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

ASTM 1979: American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31: Water, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, D2908-74, D1192-70, D3370. (1979).

ASTM 1980: American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, ASTM Data Series DS-48A. (1980).

Bretherick 1979: Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

CC 1958: Allied Chemical, Calcium Chloride, Morristown, New Jersey. (1958).

CCPA 1982: Canadian Chemical Producers Association, Ottawa, Ontario, Private Communication. (1982).

CDS 1967: National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Clarke 1975: Clarke, E.G., Clarke, M.L., Veterinary Toxicology, Lea & Febiger Press, Philadelphia, Pennsylvania, p. 53. (1975)

CLC 1974: The Car and Locomotive Cyclopedia of American Practices, Association of American Railroads, published by Simmons-Boardman, Omaha, Nebraska. (1974).

Corpus 1981: Corpus Information Services Ltd., "Calcium Chloride", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (February, 1981).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Dow 1974: Calcium Chloride Handbook, Dow Chemical USA, Midland, Michigan. (1974).

Dow ERIS 1979: Dow Chemical Canada Inc., Emergency Response Information Sheet - Calcium Chloride Flake, Sarnia, Ontario. (1979).

Dow PS 1980: Dow Chemical Company, Dow Products and Services for Industry Farm and Home, Midland, Michigan. (1980).

DPPED 1967: DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

EPA 530/SW-104c: Shaver, R.G., Parker, L.C. et al., Assessment of Industrial Hazardous Waste Practices: Inorganic Chemicals Industry, Prepared for U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste Management Programs, Washington, D.C., EPA 530/SW-104c. (1975).

EPA 670/2-75-042: Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

GF: GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, California. Not dated.

GPP: Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not dated.

Hesse 1972: Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, New York, pp. 377-378, 123-124. (1972).

Hooker MSDS 1972: Hooker Industrial Chemicals Division, Material Safety Data Sheet - 35.5% Aqueous Calcium Chloride Solution, Hooker Chemicals & Plastics Corp., Niagara Falls, New York. (1972).

Hooker PDS 1980: Hooker Chemicals & Plastics Corp., Product Data Sheet - Industrial Grade Calcium Chloride Solution, Niagara Falls, New York. (1980).

JANAF 1971: Stull, D.R., Prophet, H., JANAF Thermochemical Tables, Second Edition, Office of Standard Reference Data, U.S. National Bureau of Standards, Washington, D.C. (June, 1971).

JSSV 1979: Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Kirk-Othmer 1978: Grayson, M., Eckroth, D. (ed.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol. 4, John Wiley & Sons Inc., New York, New York. (1978).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

Lefèvre 1980: Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. (1980).

MWPP 1978: Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec. (1978).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

NIOSH 1977: National Institute of Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 3, S. 205., Cincinnati, Ohio. (April, 1977).

NRCC 1977: The Effects of Alkali Halides in the Canadian Environment, National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario, NRCC No. 15019. (1977).

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

Perry 1973: Perry, R.H., Chilton, C.H. (ed.), Chemical Engineer's Handbook, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1973).

Rosenstock 1977: Rosenstock, H.M., Draxl, K., Steiner, B., Herron, J.T., Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, D.C. (1977).

RTDCR 1974: Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, Canadian Transport Commission, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario. (1974).

RTECS 1979: Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

Streeter 1971: Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1971).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

TDB (on-line) 1981: Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line. Available from National Library of Medicine, Washington, D.C. (1981).

Todd 1970: Todd, D.K., The Water Encyclopedia, Maple Press, Port Washington, New York. (1970).

Toxline (on-line) 1981: Toxline, Toxicology Information Program (1974 to present), National Library of Medicine, Bethesda, Maryland. (1981).

TPS 1978: GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, California. (1978).

Ullmann 1975: Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim. (1975).

Welcher 1955: Welcher, F.J., Hahn, R.B., Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, p. 432. (1955).

WQC 1963: McKee, J.E., Wolf, H.W., Water Quality Criteria, Second Edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board. (1963).

WQCDB-2 1971: Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Inorganic Chemical Pollution of Freshwater, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 2, p. 242. (1971).

WQCDB-5 1973: Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 5, pp. A-58-59. (September, 1973).

12.2 Bibliography

Allied Chemical Inc., Industrial Chemicals Division, Technical and Engineering Service Bulletin No. 16, Calcium Chloride, Morristown, New Jersey. (1958).

Allied Chemical, Calcium Chloride, Morristown, New Jersey. (1958).

American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, ASTM Data Series DS-48A. (1980).

American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31: Water, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, D2908-74, D1192-70, D3370. (1979).

Anderson, B.G., "The Apparent Thresholds of Toxicity to Daphnia Magna for Chloride of Various Metals when Added to Lake Erie", Transactions of the American Fish Society, Vol. 78, pp. 96-113. (1948).

Association of American Railroads, The Car and Locomotive Cyclopedia of American Practices, published by Simmons-Boardman, Omaha, Nebraska. (1974).

Association of American Railroads, Private Communication, Washington, D.C. (1983).

Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

Canadian Chemical Producers Association, Ottawa, Ontario, Private Communication. (1982).

Clarke, E.G., Clarke, M.L., Veterinary Toxicology, Lea & Febiger Press, Philadelphia, Pennsylvania, p. 53. (1975).

Canadian Transport Commission, Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, published by Supply & Services Canada, Ottawa, Ontario. (1974).

Corpus Information Services Ltd., "Calcium Chloride", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (February, 1981).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

Dow Chemical Canada Inc., Emergency Response Information Sheet - Calcium Chloride Flake, Sarnia, Ontario. (1979).

Dow Chemical Company, Calcium Chloride Handbook, Midland, Michigan. (1974).

Dow Chemical Company, Dow Products and Services for Industry Farm and Home, Midland, Michigan. (1980).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Inorganic Chemical Pollution of Freshwater, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 2, p. 242. (1971).

Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 5, pp. A-58-59. (September, 1973).

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, California. Not dated.

Grayson, M., Eckroth, D. (ed.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol. 4, John Wiley & Sons Inc., New York, New York. (1978).

GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, California. (1978).

Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, New York, pp. 377-378, 123-124. (1972).

Hooker Chemicals & Plastics Corp., Product Data Sheet - Industrial Grade Calcium Chloride Solution, Niagara Falls, New York. (1980).

Hooker Industrial Chemicals Division, Material Safety Data Sheet - 35.5% Aqueous Calcium Chloride Solution, Hooker Chemicals & Plastics Corp., Niagara Falls, New York. (1972).

Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. (1980).

Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

McKee, J.E., Wolf, H.W., Water Quality Criteria, Second Edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board. (1963).

National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

National Institute of Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 3, S. 205., Cincinnati, Ohio. (April, 1977).

National Research Council of Canada, The Effects of Alkali Halides in the Canadian Environment, Ottawa, Ontario, NRCC No. 15019. (1977).

Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

Perry, R.H., Chilton, C.H. (ed.), Chemical Engineer's Handbook, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1973).

Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec. (1978).

Rosenstock, H.M., Draxl, K., Steiner, B., Herron, J.T., Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, D.C. (1977).

Shaver, R.G., Parker, L.C. et al., Assessment of Industrial Hazardous Waste Practices: Inorganic Chemicals Industry, Prepared for U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste Management Programs, Washington, D.C., EPA 530/SW-104c. (1975).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1971).

Stull, D.R., Prophet, H., JANAF Thermochemical Tables, Second Edition, Office of Standard Reference Data, U.S. National Bureau of Standards, Washington, D.C. (June, 1971).

Todd, D.K., The Water Encyclopedia, Maple Press, Port Washington, New York. (1970).

Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line. Available from National Library of Medicine, Washington, D.C. (1981).

Toxline, Toxicology Information Program (1974 to present), National Library of Medicine, Bethesda, Maryland. (1981).

Ullmann, Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim, (1975).

Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not dated.

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

Welcher, F.J., Hahn, R.B., Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, p. 432. (1955).

EnviroTIPS

Common Abbreviations

BOD	biological oxygen demand
b.p.	boiling point
CC	closed cup
cm	centimetre
CMD	count median diameter
COD	chemical oxygen demand
conc.	concentration
c.t.	critical temperature
eV	electron volt
g	gram
ha	hectare
Hg	mercury
IDLH	immediately dangerous to life and health
Imp. gal.	imperial gallon
in.	inch
J	joule
kg	kilogram
kJ	kilojoule
km	kilometre
kPa	kilopascal
kt	kilotonne
L	litre
lb.	pound
LC_{50}	lethal concentration fifty
LC_{LO}	lethal concentration low
LD_{50}	lethal dose fifty
LD_{LO}	lethal dose low
LEL	lower explosive limit
LFL	lower flammability limit
m	metre
m	meta
M	molar
MAC	maximum acceptable concentration
max	maximum
mg	milligram
MIC	maximum immision concentration
min	minute or minimum
mm	millimetre
µg	microgram
µm	micrometre
°Be	degrees Baumé (density)
MMAD	mass median aerodynamic diameter
MMD	mass median diameter
m.p.	melting point
MW	molecular weight
N	newton
NAS	National Academy of Sciences
NFPA	National Fire Protection Association
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
nm	nanometre
o	ortho
OC	open cup
p	para
P_c	critical pressure
PEL	permissible exposure level
pH	measure of acidity/alkalinity
ppb	parts per billion
ppm	parts per million
P_s	standard pressure
psi	pounds per square inch
s	second
STEL	short-term exposure limit
STIL	short-term inhalation limit
T_c	critical temperature
TC_{LO}	toxic concentration low
T_d	decomposition temperature
TD_{LO}	toxic dose low
TL_m	median tolerance limit
TLV	Threshold Limit Value
T_s	standard temperature
TWA	time weighted average
UEL	upper explosive limit
UFL	upper flammability limit
VMD	volume mean diameter
v/v	volume per volume
w/w	weight per weight

Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

collection
ENVIROGUIDE

LE CHLORURE DE CALCIUM

Canada

juin 1984

COLLECTION «ENVIROGUIDE»

La collection «Enviroguide» est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

collection

ENVIROGUIDE

LE CHLORURE DE CALCIUM

DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES

DIRECTION GÉNÉRALE DES PROGRAMMES
DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

SERVICE DE LA PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

OTTAWA
JUIN 1984
ENVIRONNEMENT CANADA

Publication
distribuée par le Service des publications
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

Édition française de
Calcium chloride
préparée par le Module d'édition française

English copy available at the above mentioned address

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1984
N° de cat. En48-10/11-1984F
ISBN 0-662-92761-3
IMPRIMERIE BEAUREGARD LIMITÉE

AVANT-PROPOS

La collection «Enviroguide» a été lancée officiellement en 1983. Elle est constituée de guides d'information technique sur les produits chimiques qui sont les plus souvent en cause dans les cas de déversements accidentels. Les guides, qui s'adressent à des spécialistes dans le domaine des déversements, sont conçus pour aider à planifier les interventions d'urgence et évaluer les incidences sur l'environnement.

Vu la grande quantité d'information présentée et le caractère très technique des guides, ces derniers ne s'adressent pas au personnel de première intervention, pour qui existent déjà des manuels plus appropriés.

L'information offerte a été glanée en majeure partie dans des publications déjà existantes. Les auteurs ont pris grand soin, aussi bien au stade de la compilation qu'à celui de la révision, de vérifier la justesse des éléments retenus. Néanmoins, il ne faut pas voir dans la publication de ces éléments d'information une forme de recommandation de la part du gouvernement du Canada ni de quelque autre groupe.

REMERCIEMENTS

La version définitive du présent guide est l'oeuvre du personnel du Service de la protection de l'environnement, qui a procédé à la refonte de nombreux passages du texte initial, ajouté maints renseignements et commentaires et préparé les schémas et les figures.

Le travail préliminaire avait été donné à contrat par Environnement Canada aux firmes M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation et Waterloo Engineering Limited.

L'abondance de détails qu'on trouve dans le guide est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes,organismes et institutions qui ont fourni des données et des conseils précieux, au stade de la compilation comme au stade de la rédaction. Sous ce rapport, l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques mérite des remerciements particuliers.

TABLE DES MATIÈRES

	Avant-propos	III
	Remerciements	III
	Liste des figures	VIII
	Liste des tableaux	VIII
	Abréviations et symboles	IX
	Définitions	XI
	Sigles	XII
1	**Résumé**	1
1.1	Chlorure de calcium anhydre ($CaCl_2$)	1
1.2	Chlorure de calcium dihydraté ($CaCl_2 \cdot 2\ H_2O$)	1
2	**Propriétés physiques et chimiques**	3
3	**Production, transport et commerce**	12
3.1	Qualités et teneurs du produit	12
3.2	Fabricants au Canada	12
3.3	Principaux centres de production	12
3.4	Volume de production	12
3.5	Fabrication industrielle	12
3.5.1	Information générale	12
3.5.2	Matières premières	13
3.5.3	Procédés de fabrication	13
3.5.3.1	Procédé Solvay	13
3.5.3.2	Procédé d'extraction par purification de saumures	13
3.6	Principales utilisations au Canada	13
3.7	Principaux acheteurs au Canada	13
4	**Manutention du produit et compatibilité**	15
4.1	Citernes et autres récipients d'expédition	15
4.1.1	Transport en vrac	15
4.1.1.1	Wagons-trémies	15
4.1.1.2	Wagons-citernes	17
4.1.2	Emballage	19
4.2	Déchargement	19
4.2.1	Matériel et procédé de déchargement des wagons	19
4.2.1.1	Wagons-trémies	19
4.2.1.2	Wagons-citernes	19
4.2.2	Matériel pour le déchargement du chlorure de calcium transporté en sacs ou en fûts	22
4.2.3	Matériaux de fabrication et spécifications pour les organes de déchargement	22
4.3	Compatibilité avec les matériaux de construction	23
5	**Fuite et migration du chlorure de calcium**	30
5.1	Aperçu général	30
5.2	Fuite du produit	30
5.2.1	Introduction	30
5.2.2	Nomogrammes de fuites	30
5.2.2.1	Pourcentage de liquide restant en fonction du temps	30
5.2.2.2	Débit de fuite en fonction du temps d'écoulement	31
5.2.3	Exemple de calcul	31
5.3	Diffusion dans l'atmosphère	31
5.4	Comportement dans l'eau	31
5.4.1	Introduction	31
5.4.2	Nomogrammes de diffusion du polluant dans l'eau	33

5.4.2.1	Diffusion dans les rivières non soumises aux marées	35
5.4.2.2	Diffusion dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos)	35
5.4.3	Étapes du calcul	35
5.4.3.1	Teneur en polluant dans une rivière non soumise aux marées	35
5.4.3.2	Teneur en polluant dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos)	42
5.5	Comportement dans la subsurface	42
5.5.1	Mécanismes	42
5.5.2	Migration du chlorure de calcium dans la zone non saturée	45
5.5.3	Coefficient de perméabilité du chlorure de calcium en sol saturé	45
5.5.4	Types de sol	45
5.5.5	Nomogrammes de migration	48
5.5.6	Exemple de calcul	48
6	**Protection de l'environnement**	**52**
6.1	Limites maximales admissibles	52
6.1.1	Qualité de l'eau	52
6.1.2	Qualité de l'air	52
6.2	Toxicité pour les espèces aquatiques	52
6.2.1	Évaluation de la toxicité aux Etats-Unis	52
6.2.2	Toxicité en eau douce	52
6.2.3	Toxicité en eau salée	53
6.3	Toxicité pour d'autres espèces vivantes	53
6.3.1	Toxicité pour le bétail	53
6.3.2	Toxicité pour les végétaux	53
6.4	Études sur les effets toxiques	54
6.5	Dégradation	54
6.6	Devenir et effets à long terme	54
7	**Protection de la santé**	**55**
7.1	Normes d'exposition recommandées	55
7.2	Données sur les propriétés irritantes	55
7.2.1	Contact avec la peau	55
7.2.2	Contact avec les yeux	56
7.3	Seuil de perception des caractères organoleptiques	56
7.3.1	Odeur	56
7.3.2	Goût	56
7.4	Études à long terme	56
7.4.1	Inhalation	56
7.4.2	Ingestion	56
7.4.3	Par voie sous-cutanée	56
7.4.4	Par voie intraveineuse	57
7.4.5	Par voie intrapéritonéale	57
7.4.6	Par voie intramusculaire	57
7.4.7	Voie d'exposition non spécifiée	57
7.5	Symptômes d'intoxication	58
7.5.1	Inhalation	58
7.5.2	Ingestion	58
7.5.3	Contact avec la peau	58
7.5.4	Contact avec les yeux	58
8	**Compatibilité chimique**	**59**
8.1	Compatibilité entre le chlorure de calcium et divers produits chimiques	59
9	**Mesures d'intervention et de sécurité**	**60**
9.1	Mesures recommandées	60
9.1.1	Risques d'incendie	60
9.1.2	Moyens d'extinction	60
9.1.3	Mesures d'intervention de nettoyage et de traitement en cas de déversement	60

9.1.3.1 Information générale 60
9.1.3.2 Déversement sur le sol 60
9.1.3.3 Déversement dans l'eau 60
9.1.4 Nettoyage et traitement 60
9.1.5 Appareils et vêtements de protection 60

10 Cas de déversements accidentels 62

11 Identification et dosage des polluants 63
11.1 Dosage du polluant présent dans l'air (analyse quantitative) 63
11.1.1 Spectrophotométrie d'absorption atomique 63
11.2 Dosage du chlorure de calcium présent dans l'eau (analyse quantitative) 63
11.2.1 Spectrophotométrie d'absorption atomique 63
11.3 Identification du chlorure de calcium présent dans l'eau (analyse qualitative) ... 64
11.4 Dosage de l'oxyde de calcium présent dans le sol (analyse quantitative) 64
11.4.1 Méthode colorimétrique 64
11.5 Identification du polluant présent dans le sol (analyse qualitative) 64

12 Références et bibliographie 65
12.1 Références 65
12.2 Bibliographie 68

LISTE DES FIGURES

1	Diagramme de phase pour le système $CaCl_2 \cdot H_2O$	7
2	Masse volumique en fonction du pourcentage en poids	8
3	Solubilité dans l'eau en fonction de la température	8
4	Tension de vapeur en fonction de la température	9
5	Viscosité en fonction de la température	10
6	Point d'ébullition en fonction du pourcentage en poids	10
7	Diagramme de phase	11
8	Wagons-trémies couverts – AAR classe LO	16
9	Wagon-citerne – classe 111A60W1	18
10	Déchargement d'un wagon-citerne	20
11	Wagon-citerne percé dans le bas	31
12	Pourcentage de liquide restant/temps d'écoulement	32
13	Débit de fuite/temps d'écoulement	32
14	Étapes à suivre pour calculer la teneur en polluant dans une rivière non soumise aux marées	34
15	Distance en fonction du temps	36
16	Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal	37
17	Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique	38
18	Alpha en fonction du coefficient de diffusion turbulente	39
19	Delta en fonction de alpha	40
20	Teneur maximale en fonction de delta	41
21	Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique	43
22	Teneur moyenne en fonction du volume d'eau	44
23	Migration dans le sous-sol	46
24	Plan d'utilisation des nomogrammes	47
25	Migration dans du sable grossier	49
26	Migration dans du sable limoneux	50
27	Migration dans un till argileux	51

LISTE DES TABLEAUX

1	Nomogrammes de conversion	6
2	Spécifications relatives aux wagons-trémies	15
3	Spécifications relatives aux wagons-citernes	17
4	Spécifications relatives aux wagons-citernes, classe 111A60W1	21
5	Compatibilité du chlorure de calcium et certains matériaux de fabrication	24

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

adf	Antidéflagrant
atm	Atmosphère
c.f.	Coupelle fermée
c.o.	Coupelle ouverte
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
d	Densité
d vap	Densité de vapeur
d.-v.	Demi-vie
D ext.	Diamètre extérieur
D int.	Diamètre intérieur
DAMM	Diamètre aérodynamique moyen en masse
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
D_e	Diamètre d'entrée
DIF	Détecteur d'ionisation à flamme
DMM	Diamètre moyen en masse
DMN	Diamètre moyen en nombre
DMV	Diamètre moyen en volume
DPI	Détecteur à photo-ionisation
D_s	Diamètre de sortie
DL min.	Dose létale minimale
DL 50	Dose létale moyenne
et coll.	et collaborateurs
eV	Électronvolt
f. n. éq.	Fumée normalisée équivalente
gal imp.	Gallon impérial
IDLH	*Immediately Dangerous to Life or Health*
IR	Infrarouge
j	jour
J	Joule
k	Coefficient de perméabilité
l	litre
L.I.E.	Limite inférieure d'explosibilité
L.I.I.	Limite inférieure d'inflammabilité
L.S.E.	Limite supérieure d'explosibilité
L.S.I.	Limite supérieure d'inflammabilité
m	Masse
MAK	Teneur maximale admissible (norme établie par la RFA)
MAK-K	Teneur maximale admissible (norme établie par la RDA)
MAK-D	Teneur maximale admissible – courte durée (norme établie par la RDA)
max.	Maximum
mé/l	Milliéquivalent par litre
MIK	Teneur maximale d'immission (norme établie par la RDA)
min.	Minimum
mn	Minute
M mol.	Masse molaire
M vol.	Masse volumique
mol	Mole
MPT	Moyenne pondérée en fonction du temps
N	Newton
Pa · s	Pascal seconde
pds éq.	Poids équivalent
ppb	Parties par milliard (10^{-9})
ppm	Parties par million (10^{-6})
ppt	Parties par mille (10^{-3})
psi	*Pounds per square inch*
P	Pression
P_c	Pression critique
PEL	*Permissible Exposure Limit*
Po	Poise
Pt cong.	Point de congélation
Pt déf.	Point de déflagration
Pt dét.	Point de détonation
Pt ébul.	Point d'ébullition
Pt écl.	Point d'éclair
Pt écoul.	Point d'écoulement
Pt fus.	Point de fusion
Pt liq.	Point de liquéfaction
PVC	Chlorure de polyvinyle
q	Débit
q_e	Débit d'entrée
q_f	Débit de fuite
q_m	Débit-masse
q_s	Débit de sortie
q_v	Débit-volume
std	Standard
SM	Spectroscopie de masse
St	Stokes
STEL	*Short Term Exposure Limit*
t	Tonne
t	Temps
temp.	Température
$temp._c$	Température critique
TE 50	Teneur efficace moyenne
tf	Tonne forte
TI 50	Teneur inhibitrice moyenne
TLm	Tolérance moyenne
TL min.	Teneur létale minimale
TL 50	Teneur létale moyenne
TLV®	*Threshold Limit Value*
TLV®C	*Threshold Limit Value-Ceiling*
TPN	Température et pression normales

TT min.	Teneur toxique minimale
u	Vitesse du vent
μ	Viscosité
vap	Vapeur
vol.	Volume
V	Vitesse d'écoulement
V biod.	Vitesse de biodégradation
V évap.	Vitesse d'évaporation
^{o}Bé	Degré Baumé
^{o}C	Degré Celsius
ϕ	Diamètre
x	Distance sous le vent
$\not{W}$	Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction

DÉFINITIONS

Les définitions figurant ci-dessous valent pour la collection «Enviroguide». Le lecteur notera qu'elles n'ont pas toujours une portée générale. Pour plus de détails, ou pour d'autres définitions, se reporter au manuel d'introduction de la collection.

Bio-accumulation. – Rétention sans cesse croissante d'une substance dans les tissus d'un organisme tout au long de son existence (le facteur de bioconcentration augmentant sans cesse).

Bio-amplification. – Rétention d'une substance dans les tissus à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire.

Bioconcentration. – Rétention d'une substance dans les tissus d'un organisme au point que la teneur des tissus en cette substance surpasse la teneur du milieu ambiant en cette substance, à un moment donné de la vie de cet organisme.

Concentration. – Comme ce mot a des sens multiples et parfois mal définis selon qu'il s'agit de chimie, de biologie ou d'écologie, on lui a préféré des termes jugés plus précis, tels titre, teneur et bioconcentration.

Contaminant. – Polluant qui figure sur une liste de produits dangereux, établie en vertu de la Loi sur les contaminants de l'environnement.

Dose létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la dose définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible dose (autre que la DL 50) d'une substance dont l'absorption, excluant l'inhalation, en une ou plusieurs prises, au bout d'un temps donné, a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. DL min.

Dose létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la dose qui tue, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. DL 50.

Dose létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la dose (calculée) d'une substance censée entraîner, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'absorption, excluant l'inhalation, d'une quantité de cette substance par un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. DL 50.

Dose toxique minimale. – La plus faible dose d'une substance, introduite par toute autre voie que l'inhalation, pendant quelque période de temps que ce soit, dont l'absorption a été signalée comme cause d'effet toxique chez des personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. DT min.

Facteur de bioconcentration. – Rapport de la teneur en une substance des tissus d'un organisme exposé (moins la teneur des tissus d'un organisme témoin) à la teneur en cette substance du milieu ambiant.

IDLH *(Immediately Dangerous to Life or Health).* – Teneur plafond à laquelle, dans un délai maximal d'exposition de 30 minutes, il est possible à une personne de fuir les lieux exposés sans qu'il n'y ait manifestation de signes fonctionnels d'intoxication, perturbation irréversible de la santé ou décès. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Immission. – Transfert d'un polluant de l'atmosphère vers un «récepteur» qui peut être une personne, un animal, une plante. La teneur maximale d'immission, mentionnée au chapitre 7, se rapporte au polluant retenu dans les poumons. Il s'agit d'un concept d'origine allemande, adopté par l'ISO.

Létal. – En toxicologie, synonyme de mortel.

MAK *(Maximale Arbeidsplatz Konzentration).* – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RFA.

MAK-D. – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

MAK-K. – Teneur limite admissible en milieu de travail pour une période très courte ne dépassant pas 30 minutes. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

PEL *(Permissible Exposure Limit).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle peuvent être exposés des travailleurs pendant une période de relève. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Polluant. – Agent physique, chimique ou biologique qui provoque une dégradation dans un milieu donné.

STEL (TLV – *Short Term Exposure Limit*). – Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés de façon continue pour une courte période sans souffrir d'irritation, de dommage irréversible aux tissus ou d'une narcose suffisamment grave pour accroître la probabilité de blessure par accident, diminuer la capacité de fuir ou réduire physiquement l'efficacité au travail, en prenant pour acquis que la TLV quotidienne n'a pas été dépassée. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

Teneur. – Quantité de matière solide, liquide ou gazeuse, rapportée à une masse ou à un volume d'autres matières dans lesquelles elle est en mélange, suspension ou dissolution.

Teneur efficace moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-faune, il s'agit de la teneur à laquelle se produit, chez 50 p. 100 de la population, pour une durée d'exposition donnée, un effet tel que l'immobilisation, la perte de l'équilibre, une déficience de croissance ou même la mort. Abrév. TE 50.

Teneur inhibitrice moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-flore ou la micro-faune, il s'agit de la toxicité qui inhibe à 50 p. 100 une activité biologique (par exemple, la croissance) en un temps déterminé. Abrév. TI 50.

Teneur létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la teneur définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible teneur (autre que la TL 50) de l'air en une substance dont l'inhalation a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. TL min.

Teneur létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la teneur à laquelle meurent, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. TL 50.

Teneur létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la teneur (calculée) de l'air en une substance dont l'inhalation est censée provoquer, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'exposition d'un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. TL 50.

Teneur plafond. – Teneur maximale admissible établie pour une durée d'exposition bien déterminée, dans le cas d'une substance très toxique. (L'IDLH et la TLV®-C sont des teneurs plafonds.)

Teneur toxique minimale. – La plus faible teneur de l'air en une substance à laquelle des personnes ou des animaux ont été exposés, pour quelque période de temps que ce soit, sans qu'il y ait eu d'effet toxique chez les personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. TT min.

Titre (d'une solution, en chimie). – Rapport de la masse d'une substance dissoute à la masse totale ou du nombre de moles d'un constituant au nombre total de moles.

TLV® *(Threshold Limit Value).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de 8 heures par jour, 5 jours par semaine, sans subir d'effet nocif. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

TLV®-C *(Threshold Limit Value-Ceiling).* – Teneur limite admissible pour un moment donné. Il s'agit d'une valeur plafond définie et déterminée par l'ACGIH.

Tolérance moyenne. – Niveau de tolérance correspondant à la teneur à laquelle 50 p. 100 des sujets d'un test survivent au bout d'un temps donné. Abrév. TLm.

SIGLES

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWQC	Ambient Water Quality Criteria (USA)
AWWA	American Water Works Association
CBG	Chemical Buyers' Guide (USA)
CCD	Condensed Chemical Dictionary (USA)
CCPA	Canadian Chemical Producers Association
CCT	Commission canadienne des transports
CHRIS	Chemical Hazards Response Information System (USA)
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
ITII	International Technical Information Institute (Japon)
MCA	Manufacturing Chemists Association (USA)
MDT	Ministère des Transports (du Canada)
NACE	National Association of Corrosion Engineers (USA)
NAS	National Academy of Sciences (USA)
NFPA	National Fire Protection Association (USA)
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	National Research Council (USA)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)

1 RÉSUMÉ

1.1 Chlorure de calcium anhydre ($CaCl_2$)

Le chlorure de calcium anhydre se présente sous forme de paillettes, de granules ou de poudre blanche, et en solutions aqueuses blanchâtres à jaune pâle. Il est inodore.

1.2 Chlorure de calcium dihydraté ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$)

Le chlorure de calcium dihydraté est également disponible en paillettes, granules ou poudre blanche, et en solutions aqueuses blanchâtres à jaune pâle. Il est inodore.

N^os^ d'identification

	Anhydre	Dihydraté	Solution
UN :	aucun	aucun	
CAS :	10043-52-4	10035-04-8	
OHM-TADS :	7216625	7216625	
STCC :	aucun	aucun	
Qualité et teneurs			
• À l'état solide	paillettes ou granules: 94 à 97 p. 100 de $CaCl_2$	paillettes ou poudre: 77 p. 100 de $CaCl_2$ dans $CaCl_2 \cdot 2H_2O$	
• À l'état liquide			32, 35, 38 p. 100 sous forme de $CaCl_2$ dans de l'eau solution concentrée 40, 55 p. 100 sous forme de $CaCl_2$ dans de l'eau

Dangers immédiats

Incendie. – Le chlorure de calcium est ininflammable.

Pour l'homme. – La toxicité du chlorure de calcium est relativement faible pour l'homme.

Pour l'environnement. – Le chlorure de calcium est toxique pour la vie aquatique à des teneurs supérieures à 500 ppm.

Données relatives aux propriétés physiques

	Anhydre	Dihydraté	Solution
État (15 °C; 1 atm)	Solide	Solide	Liquide
Point d'ébullition	1935 °C	176 °C (déshydratation)	116 °C
Point de fusion	772 °C	176 °C (déshydratation)	-7 °C
Inflammabilité		Ininflammable	
Densité relative (eau = 1)	2,15	1,85	1,35 (25 °C/4 °C)

Solubilité (dans l'eau)	Très soluble
Comportement (dans l'eau)	Coule et se mélange
Seuil de perception par l'appareil olfactif	Inodore

Dangers pour l'environnement

Le chlorure de calcium est nocif pour les espèces du milieu aquatique et le bétail, à des teneurs élevées. Il ne présente cependant aucun risque de bio-accumulation pas plus qu'il ne risque de contaminer les éléments de la chaîne alimentaire.

Dangers pour l'homme

L'inhalation irrite le nez et la gorge. Les poussières de chlorure de calcium, notamment, irritent les yeux et peuvent provoquer des lésions temporaires de la cornée. À l'état solide, peut causer une légère irritation cutanée si le produit vient en contact avec la peau sèche. Les solutions très concentrées causent une forte irritation ou des brûlures.

Dispositions immédiates à prendre

- En cas de déversement

Interdire l'accès aux lieux où s'est produit l'accident. Avertir le fabricant. Arrêter l'écoulement et confiner le produit déversé si cela ne présente aucun risque. Empêcher toute eau polluée d'atteindre un égout ou un cours d'eau. Éviter tout contact avec des solutions concentrées.

- En cas d'incendie

Le chlorure de calcium est ininflammable et on peut utiliser n'importe quel agent d'extinction.

Mesures d'intervention d'urgence

- Chlorure de calcium répandu sur le sol

Ériger des barrages pour contenir le produit déversé. Récupérer manuellement ou avec des moyens mécaniques.

- Chlorure de calcium déversé dans l'eau

Confiner l'eau polluée au moyen de barrages, d'un dispositif de dérivation ou de digues en matériaux naturels.

2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Propriétés physiques

	Anhydre	Dihydraté- ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$) (77 % de $CaCl_2$)	Solution (35 % de $CaCl_2$)
Aspect	Solide; paillettes ou granules blanches (Dow, 1974)	Solide; paillettes ou poudre blanche (Dow ERIS, 1979)	Liquide blanchâtre à jaune pâle (Hooker MSDS, 1972)
État à l'expédition	Solide	Solide	Liquide (solution aqueuse)
État physique (15 °C; 1 atm)	Solide	Solide	Liquide
Point de fusion	772 °C (Kirk-Othmer, 1978)	176 °C (déshydratation) (Kirk-Othmer, 1978)	–
Point de congélation	724 °C (Ullmann, 1975)		- 7 °C (Hooker PDS, 1980; Dow, 1974)
Point d'ébullition	1935 °C (Kirk-Othmer, 1978; Dow, 1974)	175 °C (déshydratation) (Dow ERIS, 1979)	116 °C (Hooker MSDS, 1972)
Densités			
Densité relative	2,15 (25 °C/4 °C) (CRC, 1980)	1,85 (Kirk-Othmer, 1978)	1,35 (Hooker PDS, 1980)
Masse volumique	1024 kg/m^3 (Dow, 1974)	881 kg/m^3 (Dow, 1974)	1355 kg/m^3 (Dow, 1974)
Propriétés relatives à la combustion			
Inflammabilité		Ininflammable	
Solubilité			
• dans l'eau	37,1 g/100 ml (0 °C) 42,5 g/100 ml (20 °C) (Ullmann, 1975)	97,7 g/100 ml (0 °C) 326 g/100 ml (60 °C) (CRC, 1980)	Très soluble (Dow, 1974)
• dans d'autres produits d'utilisation courante	Soluble dans l'éthanol, l'acétone et l'acide acétique (CRC, 1980)	Dans l'éthanol: 50 g/100 ml (80 °C) (CRC, 1980)	
Autres propriétés			
Masse moléculaire relative de la substance pure	110,99 (CRC, 1980)	147,02 (CRC, 1980)	

Composition caractéristique de la substance pure	> 94 % $CaCl_2$ < 5 % NaCl < 0,5 % $MgCl_2$ (Ullmann, 1975)	77-80 % $CaCl_2$ 20-23 % H_2O < 2 % NaCl < 0,5 % $MgCl_2$ (Ullmann, 1975)	35-36 % $CaCl_2$ (Hooker PDS, 1980)
Indice de réfraction	1,52 (CRC, 1980)		1,4301 (CRC, 1980)
Viscosité			5,81 mPa · s (20 °C) (CRC, 1980)
Tension de vapeur		0,37 kPa (40 °C) (Dow, 1974)	1,1 kPa (20 °C) (Dow, 1974)
Hygroscopicité	Absorbe 1,4 g H_2O/g $CaCl_2$ à 40 % d'humidité relative et 17 g de H_2O/g de $CaCl_2$ à 95 % d'humidité relative (25 °C) (Kirk-Othmer, 1978)	Absorbe 1 g de H_2O/g de $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ à 40 % d'humidité relative (25 °C) (Kirk-Othmer, 1978)	
Chaleur latente de fusion	25,5 kJ/mol (au point de fusion) (CRC, 1980) 28,4 kJ/mol (au point de fusion) (Ullmann, 1975; Kirk-Othmer, 1978)	12,9 kJ/mol (au point de fusion) (Kirk-Othmer, 1978)	
Chaleur latente de sublimation	324,3 kJ/mol (25 °C) (Lange's Handbook, 1979)		
Chaleur latente de vaporisation	235,1 kJ/mol (25 °C) (Lange's Handbook, 1979) 226,1 kJ/mol (25 °C) (Ullmann, 1975)		
Chaleur de formation	- 798,5 kJ/mol (25 °C) (JANAF, 1971) - 795,4 kJ/mol (25 °C) (Ullmann, 1975; Kirk-Othmer, 1978)	- 1404 kJ/mol (Kirk-Othmer, 1978)	
Potentiel d'ionisation	10,2 eV (Rosenstock, 1977)		
Chaleur de dissolution	- 81,82 kJ/mol (25 °C) (Kirk-Othmer, 1978)	176,4 J/mol · K (25 °C) (Kirk-Othmer, 1978)	
Chaleur d'hydratation	15,1 kJ/mol ($CaCl_2$ à $CaCl_2 \cdot H_2O$) (Ullmann, 1975)	23,4 kJ/mol ($CaCl_2$ à $CaCl_2 \cdot 2H_2O$) (Ullmann, 1975)	

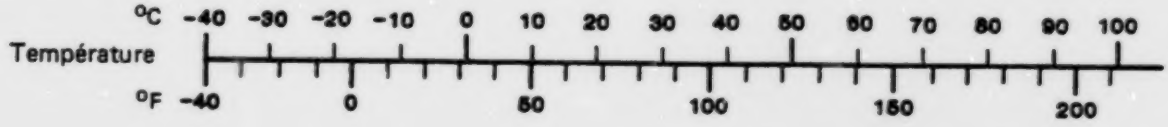
Tension superficielle			93 dynes/cm (10 °C) (Dow, 1974)
Entropie libre	- 752,8 kJ/mol · K (Ullmann, 1975)		
Entropie normale	123,1 kJ/mol · K (Ullmann, 1975)		
Capacité thermique molaire à pression constante	72,8 J/mol · °C (25 °C) (JANAF, 1971; Ullmann, 1975) 74,4 J/mol · K (25 °C) (Kirk-Othmer, 1978)	176,4 J/mol · K (25 °C) (Kirk-Othmer, 1978)	
Coefficient de dilatation thermique	$6,7 \times 10^{-5}$/°C (20 à 190 °C cubique) (Ullmann, 1975)		$0,458 \times 10^{-3}$/°C (solution à 40 %) (20 °C) (Lange's Handbook, 1979)
Conductivité thermique			$5,5 \times 10^{-3}$ J/s · cm · °C (32 °C) (Solution à 30 %) (Lange's Handbook, 1979)
pH de la solution aqueuse			8,0 à 9,0 (Hooker PDS, 1980)

Structure

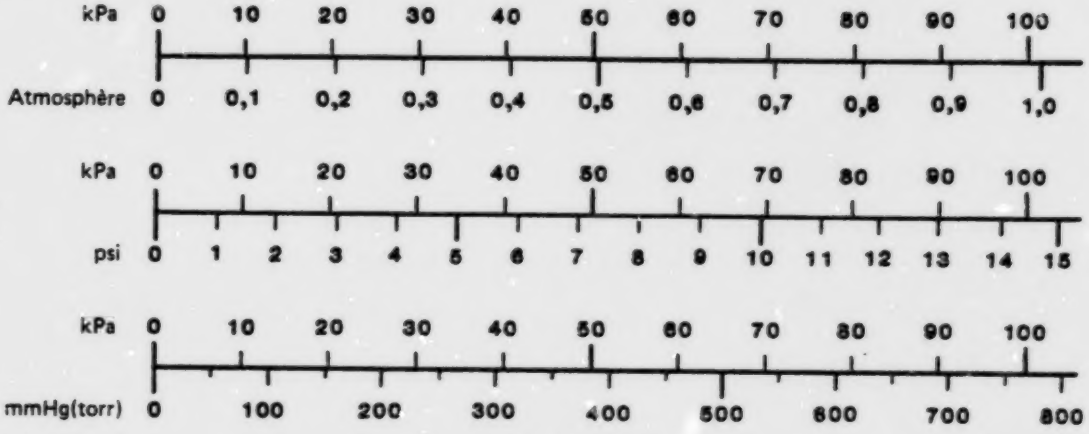
Le chlorure de calcium anhydre est très soluble et forme divers hydrates stables notamment le dihydrate ($CaCl_2 \cdot 2\ H_2O$) qui est le plus connu, le monohydrate ($CaCl_2 \cdot H_2O$), le tétrahydrate ($CaCl_2 \cdot 4\ H_2O$), et l'hexahydrate ($CaCl_2 \cdot 6\ H_2O$). Consulter la figure 1 pour le diagramme de phase du système $CaCl_2 \cdot H_2O$. Les formes les plus faiblement hydratées sont fortement hygroscopiques et fixent la vapeur d'eau atmosphérique pour former le prochain hydrate stable tant que la tension de vapeur d'eau de la solution n'est pas en équilibre avec l'humidité de l'air.

Tableau 1

CHLORURE DE CALCIUM — NOMOGRAMMES DE CONVERSION



Pression — 1 kPa = 1 000 Pa



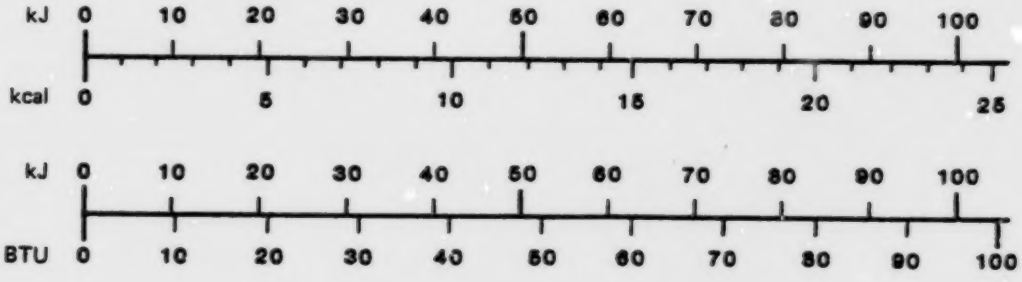
Viscosité

Dynamique — 1 Pa·s = 1 000 centipoises (cPo)

Cinématique — 1 m^2/s = 1 000 000 centistokes (cSt)

Teneur (de l'eau)
1 ppm ≅ 1 mg/l

Énergie (chaleur) — 1 kJ = 1 000 J



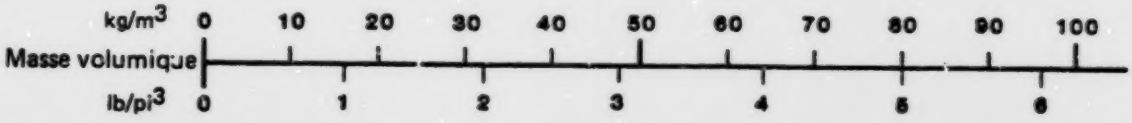


Figure 1

CHLORURE DE CALCIUM

DIAGRAMME DE PHASE POUR LE SYSTÈME $CaCl_2 \cdot H_2O$

Références: Dow, 1974; Ullmann, 1975; Kirk-Othmer, 1978

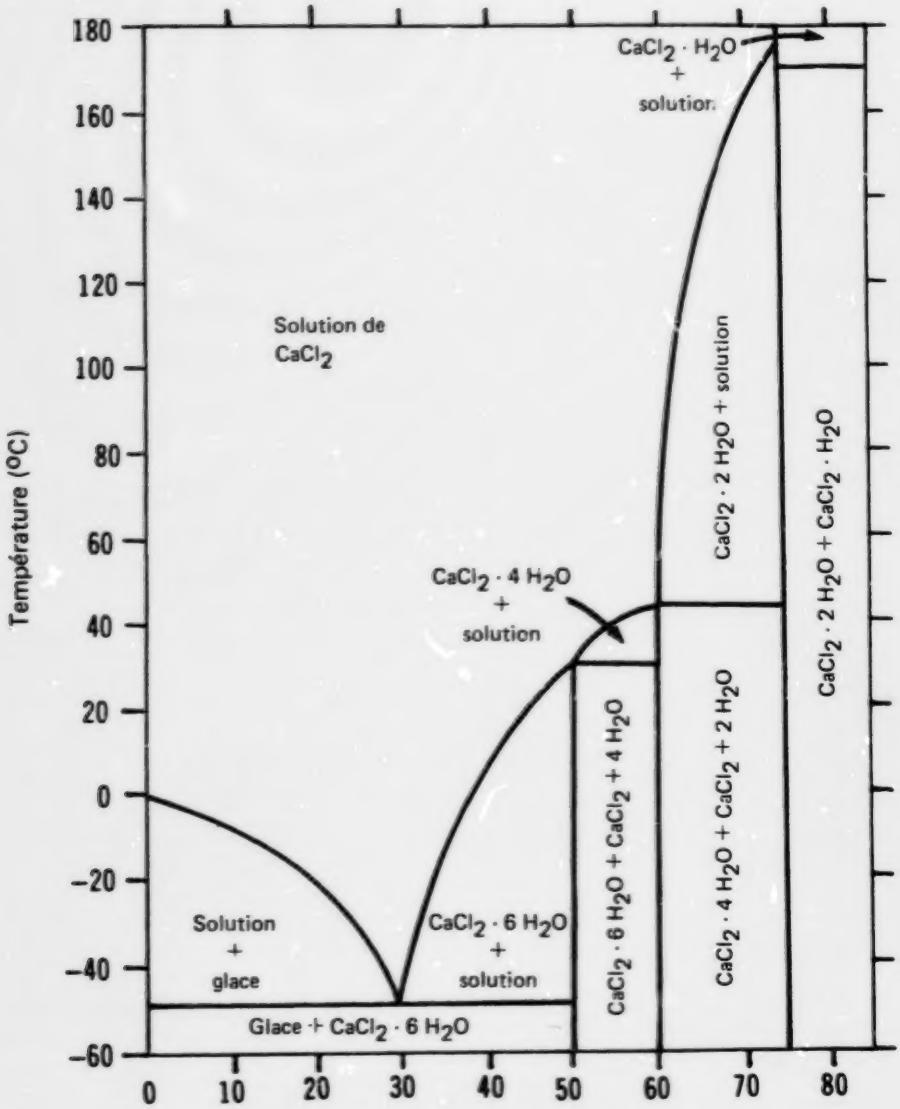


Figure 2

CHLORURE DE CALCIUM (en solution)

MASSE VOLUMIQUE EN FONCTION DU POURCENTAGE EN POIDS

Référence: Dow, 1974

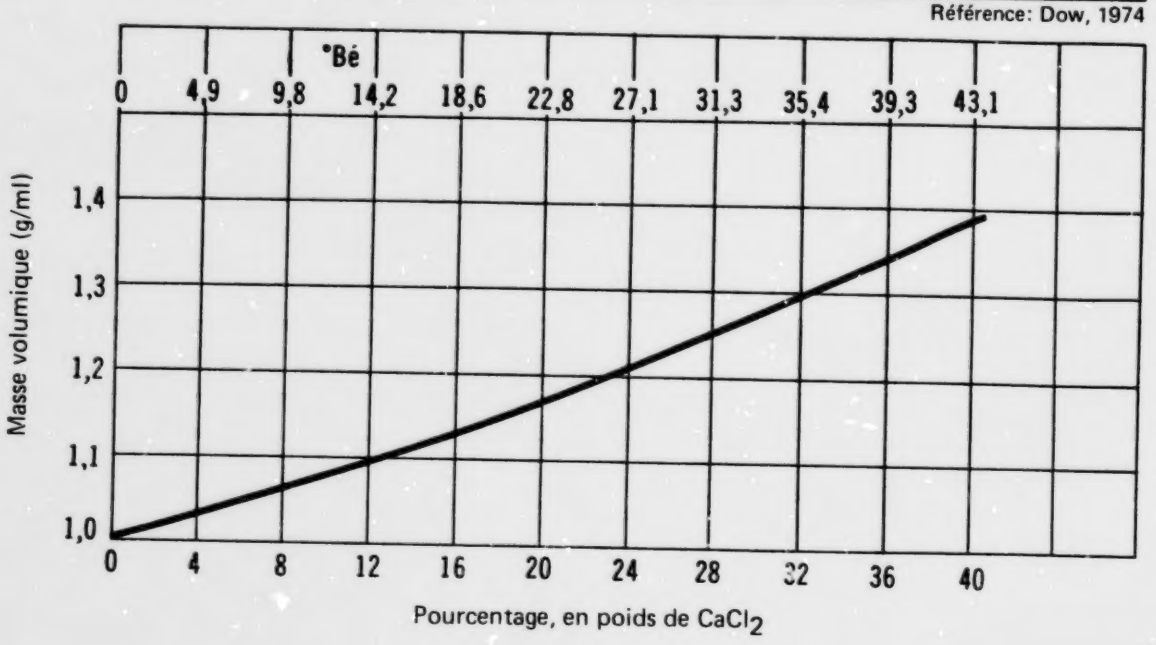


Figure 3

CHLORURE DE CALCIUM (anhydre)

SOLUBILITÉ DANS L'EAU EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Référence: Ullmann, 1975

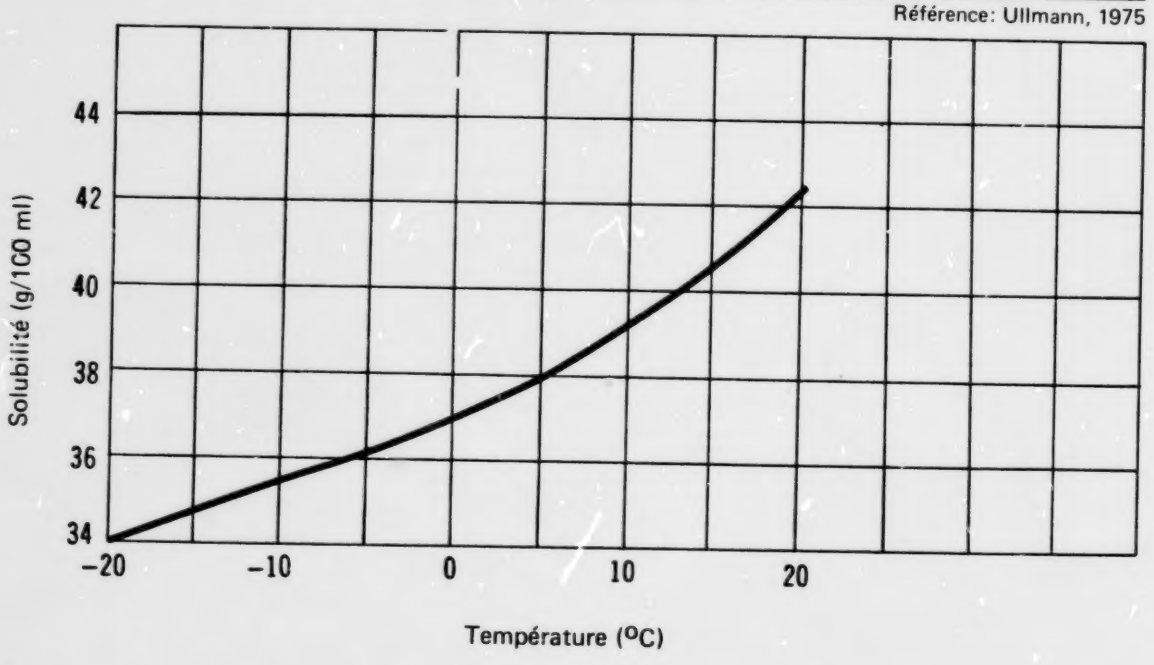


Figure 4

CHLORURE DE CALCIUM (solutions et hydrates)

TENSION DE VAPEUR EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Référence: Dow, 1974

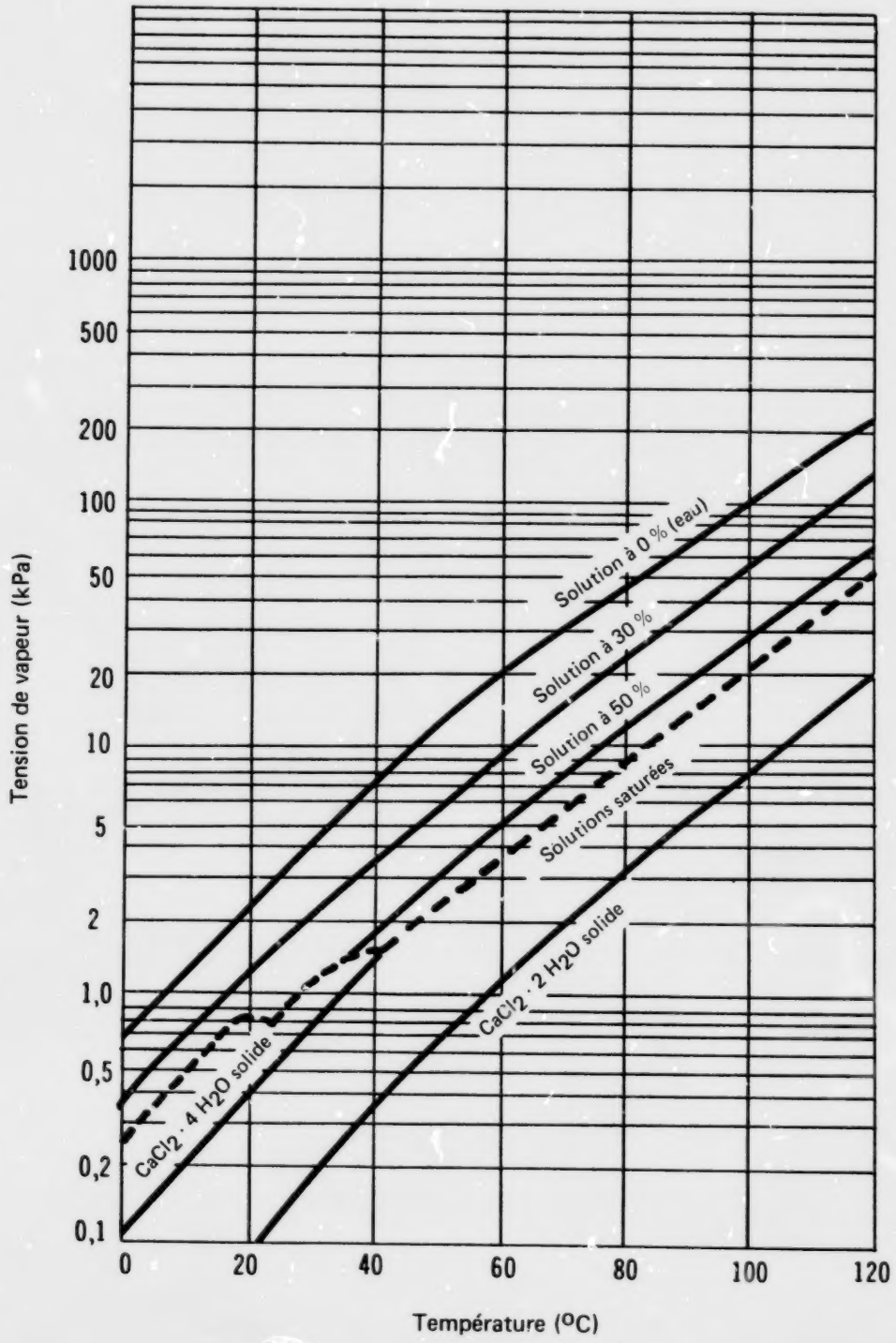


Figure 5

CHLORURE DE CALCIUM (solutions)

VISCOSITÉ EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Référence: Dow, 1974

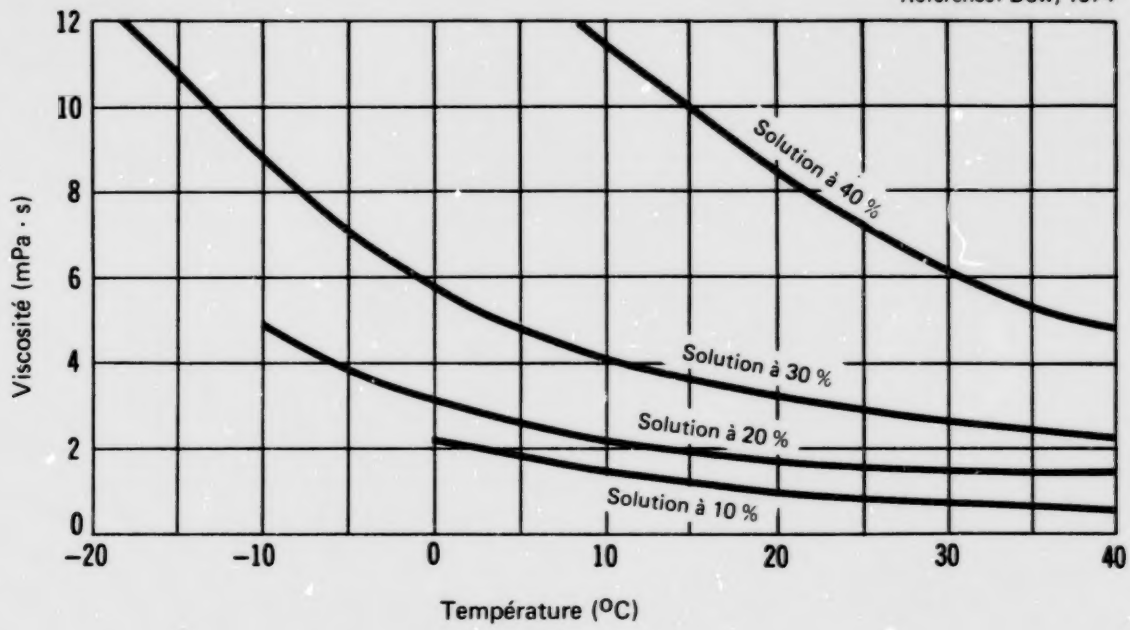


Figure 6

CHLORURE DE CALCIUM (solutions)

POINT D'ÉBULLITION EN FONCTION DU POURCENTAGE EN POIDS

Référence: Dow, 1974

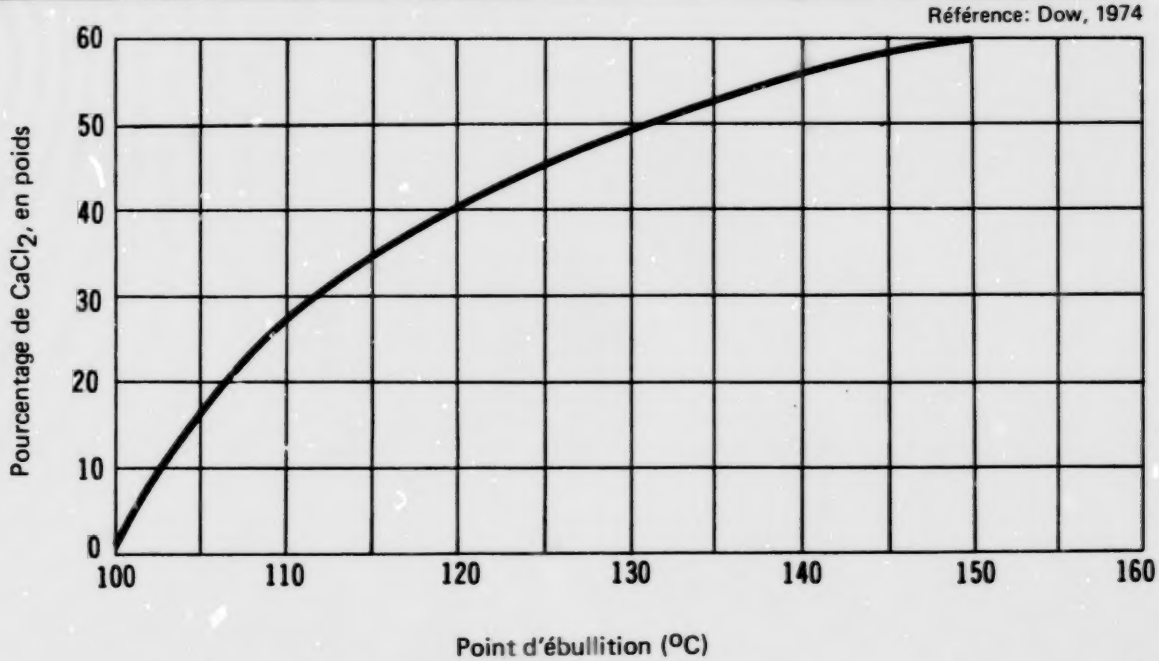
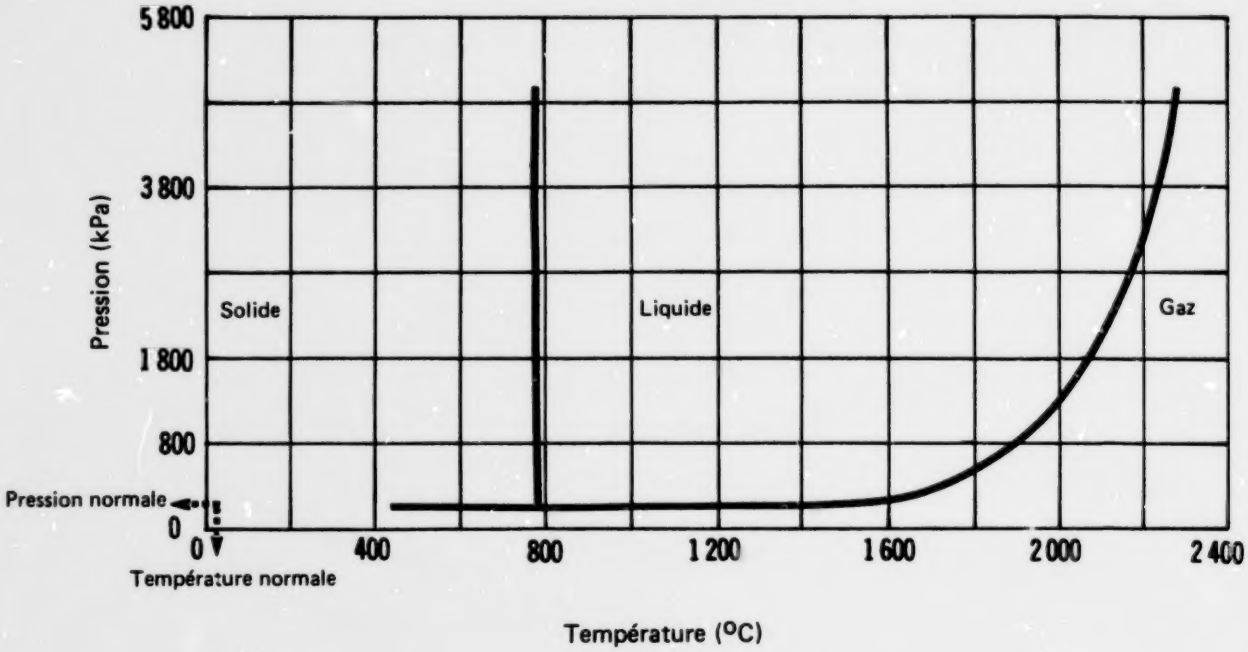


Figure 7

CHLORURE DE CALCIUM (anhydre) — **DIAGRAMME DE PHASE**



3 PRODUCTION, TRANSPORT ET COMMERCE

3.1 Qualités et teneurs du produit
(Dow, 1974; Ullmann, 1975; Kirk-Othmer, 1978)

Le chlorure de calcium est vendu au Canada dans les quatre qualités suivantes:

À l'état solide

- $CaCl_2$ anhydre, en paillettes ou en granules, teneur de 94-97 p. 100 de $CaCl_2$
- dihydraté ($CaCl_2 \cdot 2\ H_2O$), en paillettes ou en fine poudre, teneur de 77 à 80 p. 100 (sous forme de $CaCl_2$).

À l'état liquide

- solution de $CaCl_2$ dans de l'eau, teneur de 32, 35 ou 38 p. 100 (la solution à 35 p. 100 est la plus courante)
- solution concentrée de $CaCl_2$ dans de l'eau, teneur de 40 à 55 p. 100.

3.2 Fabricants au Canada (CBG, 1980; Corpus, 1981)

Allied Chemical Canada, 201 City Centre Drive, Mississauga (Ontario) L5B 2T4, Tél.: (416) 276-9211. En cas d'urgence appeler au (519) 252-5794

Dow Chemical Canada Inc., P.O. Box 1012, Modeland Drive, Sarnia (Ontario), N7T 7K7, Tél.: (519) 339-3131 (le produit est importé des usines de Midland ou Ludington, Michigan)

3.3 Principaux centres de production

Actuellement, tout le chlorure de calcium produit au Canada provient de l'Ontario et de l'Alberta. La plus grande installation de production se trouve à Amherstburg, près de Windsor en Ontario. Cette usine produit à elle seule plus de 95 p. 100 de la production canadienne.

3.4 Volume de production

Société	Emplacement	Capacité nominale kilotonnes/an (1980)
Allied Chemical Canada	Amherstburg (Ont.)	265
Allied Chemical Canada	Brooks (Alb.)	5
Allied Chemical Canada	Drumheller (Alb.)	5
TOTAL		275
Production nationale (1979)		114
Importations (1979)		9
TOTAL		123

3.5 Fabrication industrielle
(Kirk-Othmer 1978; EPA 530/SW 104 C)

3.5.1 Information générale. – Plus de 90 p. 100 du chlorure de calcium produit par Allied Chemical à Amherstburg (Ontario) est un sous-produit du procédé Solvay pour la fabrication

de la soude (carbonate de sodium). Dans ses usines d'Alberta, Allied Chemical obtient le chlorure de calcium par purification de saumures. C'est d'ailleurs ce procédé qui est le plus employé aux États-Unis.

3.5.2 Matières premières. – Pour le procédé Solvay, la pierre à chaux (carbonate de calcium) et le sel (chlorure de sodium) sont les matières premières requises. L'extraction par purification de saumures ne requiert que de l'eau salée.

3.5.3 Procédés de fabrication

3.5.3.1 Procédé Solvay. – Le procédé Solvay est une opération complexe fondée sur la réaction globale

$$CaCO_3 + 2\ NaCl \rightarrow Na_2CO_3 + CaCl_2$$

Les réactions intermédiaires comportent:

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$
$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$
$$NaCl + CO_2 + NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4Cl + NaHCO_3$$
$$2\ NaHCO_3 \rightarrow CO_2 + Na_2CO_3$$
$$Ca(OH_2) + 2\ NH_4Cl \rightarrow CaCl_2 + 2\ NH_3 + 2\ H_2O$$

L'expression de ces réactions a été simplifiée et les équations individuelles ne sont pas forcément balancées pour donner une vue d'ensemble qui soit compréhensible.

3.5.3.2 Procédé d'extraction par purification de saumures. – La première opération consiste à extraire le chlorure de magnésium de la saumure provenant des puits par concentration et cristallisation, ou on peut traiter la saumure à la chaux pour faire précipiter l'hydroxyde de magnésium. La saumure est ensuite concentrée dans des évaporateurs à effets multiples pour cristalliser le chlorure de sodium. En faisant chauffer et évaporer la saumure on obtient finalement le $CaCl_2 \cdot 2\ H_2O$. Ce dernier est utilisé comme tel sous forme de paillettes ou il est calciné pour obtenir du $CaCl_2$ anhydre.

3.6 Principales utilisations au Canada
(Corpus, 1981; Dow PS, 1980; Hooker PDS, 1980)

Le chlorure de calcium est utilisé en construction routière, pour le déglaçage des routes (fonte des neiges et du verglas), le lestage des pneus, la cimentation des puits de pétrole, comme additif des mortiers et bétons, la préparation des saumures de réfrigération, comme agent de protection contre le gel des minerais, du charbon et des granulats, et pour le traitement des déchets. En 1979, 79 p. 100 des ventes étaient destinées à la construction routière, la consolidation des terrains meubles et la lutte contre la poussière.

3.7 Principaux acheteurs au Canada (Corpus, 1981 et CBG, 1981)

Arliss Chemicals, Pointe-Claire (Qc)
Anco Chemicals, Toronto (Ont.)
Anti Hydro Company of Canada, Montréal (Qc)
BDH Chemicals, Toronto (Ont.)
Chemcor Corp, Montréal (Qc)
CIL, Willowdale (Ont.)

Dow Chemical, Sarnia (Ont.)
Ford Motor, Windsor (Ont.)
W.R. Grace Canada, Toronto (Ont.)
Harrisons & Crosfield, Toronto (Ont.)
Lastoplex Chemicals, Weston (Ont.)
Mallinckrodt, Pointe-Claire (Qc)
Master Builders, Toronto (Ont.)
Miller Paving, Toronto (Ont.)
Park Thermal, Georgetown (Ont.)
Pollard Bros., Harrow (Ont.)
Record Chemical, Montréal (Qc)
Services des travaux publics municipaux
Services de voirie provinciaux
Shefford Chemicals, Granby (Qc)
Sika Chemical Canada, Pointe-Claire (Qc)
Sternson, Brantford (Ont.)
Swift Canadian, Bramalea (Ont.)
Toronto Salt & Chemicals, Toronto (Ont.)
Travis Chemicals, Calgary (Alb.)
Van Waters & Rogers, Vancouver (C.-B.)
Winfield Chemical, Woodstock (N.-B.)

4 MANUTENTION DU PRODUIT ET COMPATIBILITÉ

4.1 Citernes et autres récipients d'expédition

4.1.1 Transport en vrac. – Le chlorure de calcium est transporté en vrac soit à l'état solide sous formes anhydre et dihydratée surtout, ou à l'état liquide en solutions diluées ou concentrées; la solution à 35 p. 100 est celle le plus couramment transportée. Le transport en vrac des formes solides se fait par rail, par route ou par bateau. Les formes liquides sont expédiées dans des wagons-citernes ou véhicules-citernes.

4.1.1.1 Wagons-trémies. – Pour le transport par rail du chlorure de calcium à l'état solide, on utilise généralement des wagons-trémies AAR classés dans la catégorie LO et identiques à ceux utilisés pour le transport en vrac du ciment (voir la figure 8). Les spécifications relatives à ces wagons-trémies sont données au tableau 2.

Tableau 2
Spécifications relatives aux wagons-trémies AAR – Classe LO (CLC, 1974)

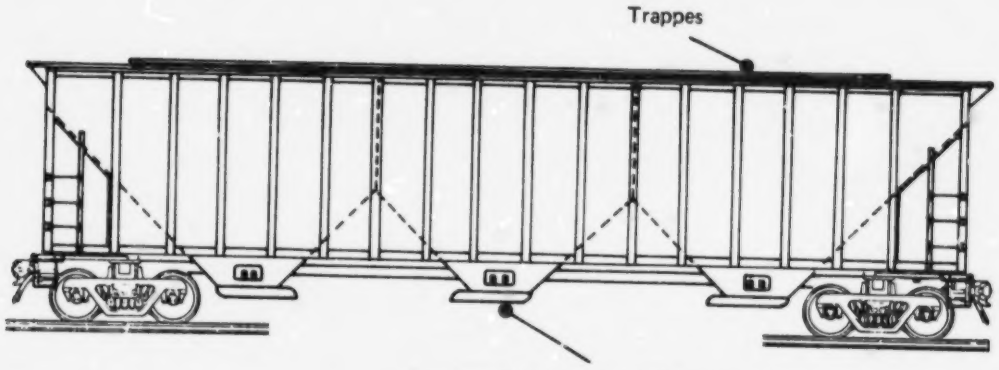
	Volume utile	
Description	164 m^3 (5800 pi^3)	133 m^3 (4700 pi^3)
Charge nominale	89 000 kg (196 000 lb)	86 000 kg (190 000 lb)
Tare	45 000 kg (100 000 lb)	45 000 kg (100 000 lb)
Masse brute maximale	119 000 kg (263 000 lb)	119 000 kg (263 000 lb)
Trémies ou compartiments		
Nombre	4	3
Matériau	Acier	Acier
Longueur intérieure	410 cm (160 po)	460 cm (180 po)
Largeur intérieure	300 cm (118 po)	300 cm (118 po)
Distance entre les dispositifs de déchargement	4 m (13 po)	5 m (16 po)
Angle de pente	40-45°	40-45°
Dimensions approximatives		
Longueur avec organes d'attelage	21 m (69 pi)	18 m (59 pi)
Longueur avec pylônes de choc	20 m (66 pi)	17 m (56 pi)
Distance entre les pivots de bogies	16 m (54 pi)	14 m (46 pi)
Hauteur hors-tout	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)
Hauteur jusqu'au sommet de la passerelle de toit	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)
Largeur hors-tout	3,1 m (123 po)	3,2 m (126 po)
Longueur intérieure	19 m (63 pi)	17 m (55 pi)
Dispositifs de chargement et de déchargement		
Trappes	Les wagons-trémies couverts sont généralement équipés de 4 à 12 trappes rondes ou carrées, de 36 à 61 cm (14 à 24 po) de diamètre ou de côté	
Registres	Le fond des wagons est équipé de registres carrés de 36 à 61 cm (14 à 24 po) de côté et/ou de raccords de déchargement sous-pression de 10 à 20 cm (4 à 8 po) de diamètre	

Figure 8

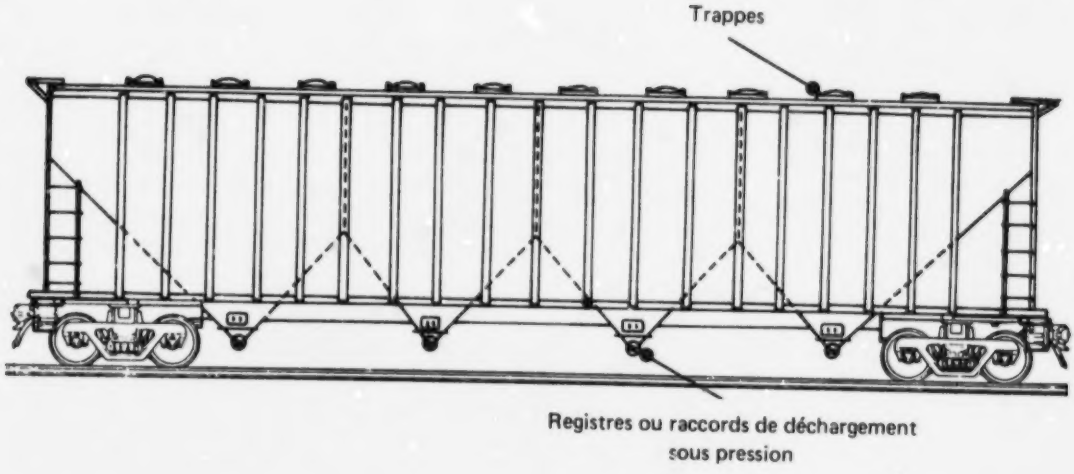
CHLORURE DE CALCIUM

WAGONS-TRÉMIES COUVERTS – AAR CLASSE LO

(Référence: CLC, 1974; AAR, 1983)



Wagon-trémie à cloisons typique n° 3



Wagon-trémie à cloisons typique n° 4

4.1.1.2 Wagons-citernes. – Les wagons-citernes servant au transport du chlorure de calcium en solutions diluées ou concentrées ne sont pas réglementés. Rien n'empêche cependant d'utiliser les wagons-citernes CCT/DOT 111A. Voir le tableau 3 pour les spécifications. Le modèle le plus utilisé est le 111A60W1 illustré à la figure 9. Le déchargement se fait au moyen de pompes ou par gravité à travers un orifice de déchargement par le bas, de 102 à 152 mm (4 à 6 po), équipé d'un obturateur intérieur avec enveloppe chauffante.

Tableau 3
Spécifications relatives aux wagons-citernes

Numéro de spécification de la CCT et du DOT*	Description
111A60W1	Citerne en acier soudé par fusion, sans dôme. Isolée ou non isolée. Volume libre pas inférieur à 2 p. 100. Indicateur de niveau. Évent de sécurité réglé à 414 kPa (60 psi)
111A60F1	Citerne en acier soudé par forgeage, sans dôme. Isolée ou non isolée. Volume libre pas inférieur à 2 p. 100. Indicateur de niveau. Évent de sécurité réglé à 414 kPa (60 psi)
111A100W1	Citerne en acier soudé par fusion, sans dôme. Isolée ou non isolée. Volume libre pas inférieur à 2 p. 100. Indicateur de niveau. Organe de déchargement par le bas ou orifice de purge facultatif. Évent de sécurité réglé à 690 kPa (100 psi).

*Department of Transportation (U.S.A.)
Commission canadienne des transports.

Le déchargement peut également se faire par le haut au moyen d'air comprimé. Dans ce cas, le chlorure de calcium passe dans une tubulure de déchargement qui part du fond de la citerne et débouche sur la plate-forme supérieure. Cette tubulure se termine par un raccord de déchargement constitué le plus souvent d'un robinet à tournant conique, fileté, de 51 mm (2 po). Une pression d'air de 138 kPa (20 psi) est appliquée par le raccord d'arrivée d'air de 25 mm (1 po) (CC, 1958).

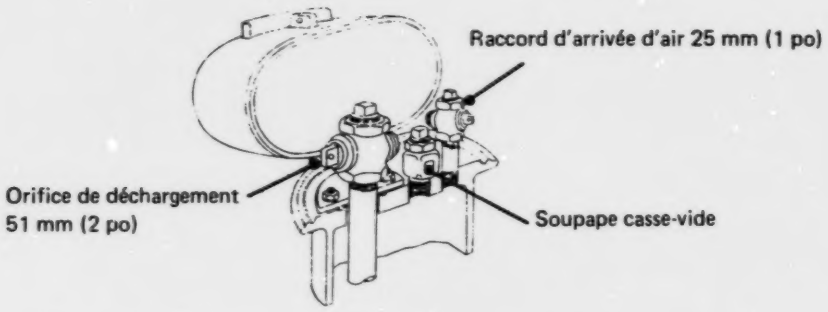
Les matériaux employés pour la fabrication des citernes sont choisis en fonction de la teneur du produit à transporter. Pour les solutions de chlorure de calcium de 32 p. 100 à 45 p. 100, on utilisera de l'acier malléable, en particulier l'acier en feuille ASTM A-283, catégorie C, offrant une tolérance de 3 mm à la corrosion. Pour les solutions concentrées de chlorure de calcium, on utilisera de préférence de l'acier inoxydable 316 ou des ailiages Monel. Les citernes peuvent être fabriquées en acier inoxydable et doublées de nickel ou d'un matériau résistant au chlorure de calcium (CC, 1958).

Figure 9

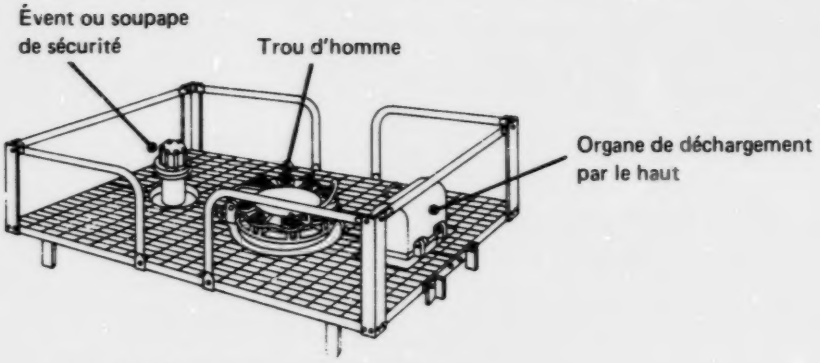
CHLORURE DE CALCIUM

WAGON-CITERNE – CLASSE 111A60W1

(Référence: TCM, 1979; RTDCR, 1974)



Détail des organes de déchargement par le haut



Détail de la plate-forme supérieure

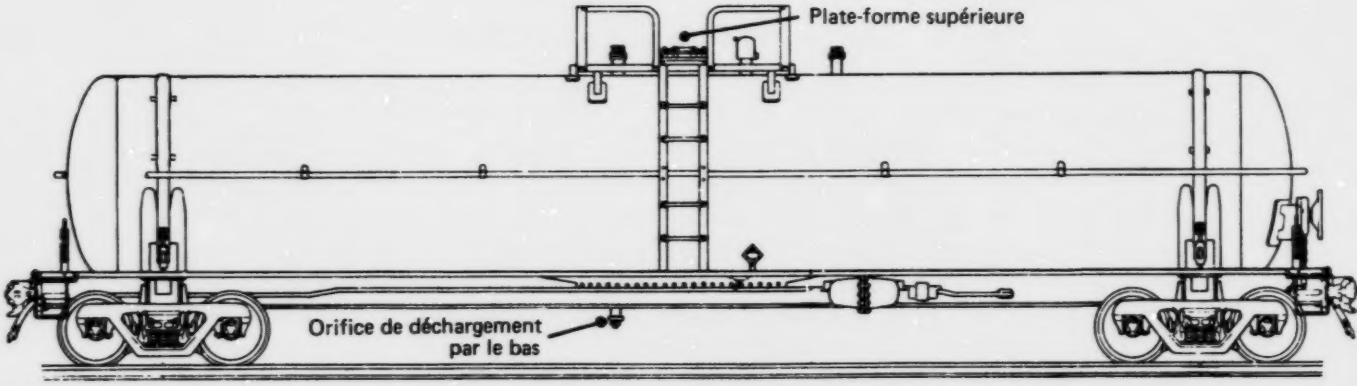


Illustration du wagon-citerne

Les citernes servant au transport de solutions concentrées de chlorure de calcium peuvent nécessiter la pose de serpentins de chauffage extérieurs et devoir être isolées avec de la laine de verre. Les serpentins de chauffage sont construits en tube d'acier A53, catégorie B, de 203 mm (8 po) de diamètre, de forme semi-ovale. Les serpentins sont disposés sur le tiers inférieur de la citerne (TCM, 1979).

La citerne doit être munie d'une soupape de sécurité réglée à 241 kPa. L'organe de déchargement par le haut et le raccord d'arrivée d'air doivent être protégés par un capot. Les solutions de chlorure de calcium ne sont *jamais* transportées sous pression.

4.1.2 Emballage. – Le chlorure de calcium en paillettes, en poudre ou autres formes solides est également transporté en sacs et en fûts (CC, 1958; Dow, 1974; CCPA, 1982).

- Sacs de 25 ou 40 kg (poids net) soit approximativement 60 et 90 lb, en papier multi-plis
- Fûts de 45 ou 181 kg (poids net) soit approximativement 100 et 400 lb, en acier (rarement utilisés).

4.2 Déchargement

4.2.1 Matériel et procédé de déchargement des wagons

4.2.1.1 Wagons-trémies. – Le chlorure de calcium en paillettes ou en granules transporté par wagons-trémies est déchargé directement dans des convoyeurs, des silos de stockage ou des trémies situées en contrebas des voies. Dans ce dernier cas, le chlorure de calcium sera réacheminé au moyen de convoyeurs à bande ou, occasionnellement, de transporteurs à vis sans fin (CC, 1958; Dow, 1974).

Certaines précautions s'imposent avant de procéder au déchargement des wagons (CC, 1958):

- s'assurer que le réservoir de stockage à évent a la capacité suffisante pour recevoir le contenu du wagon-citerne;
- le personnel *ne doit en aucun cas* pénétrer dans le wagon;
- les freins doivent être serrés et les roues, calées; il faut installer un taquet de déraillement;
- s'assurer que le quai de déchargement offre toutes les conditions de sécurité voulues.

4.2.1.2 Wagons-citernes. – Le chlorure de calcium transporté par wagons-citernes peut être déchargé par le haut ou par le bas (consulter la figure 10).

Pour le déchargement par le haut, procéder comme suit (CC, 1958):

- retirer le capot qui protège l'organe de déchargement et le raccord d'admission d'air situés sur le dessus de la citerne; raccorder la conduite de déchargement de 51 mm (2 po) à l'organe de déchargement et brancher la conduite d'amenée d'air comprimé de 25 mm (1 po). Abaisser la pression d'air à 138 kPa (20 psi) ou moins pour le déchargement. La conduite d'air comprimé doit être munie d'une soupape de sécurité réglée à 173 kPa (25 psi).
- après avoir ouvert le robinet de la conduite d'air comprimé, ouvrir le robinet de l'organe de déchargement et procéder au déchargement du wagon-citerne.

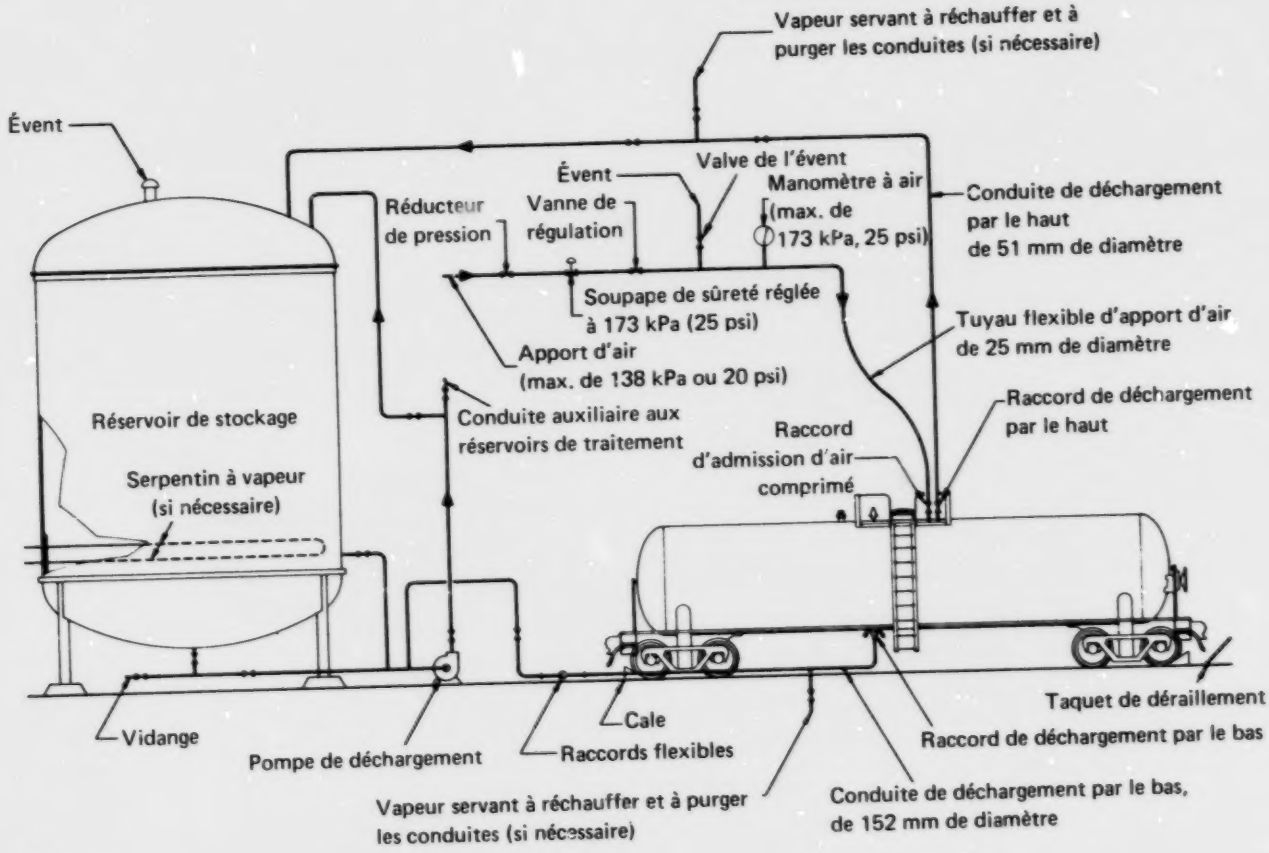
Lorsque le déchargement est terminé:

- fermer le robinet de la conduite d'air comprimé et ouvrir la valve de l'évent de celle-ci afin que la pression s'équilibre avec la pression atmosphérique;

Figure 10

CHLORURE DE CALCIUM

DÉCHARGEMENT D'UN WAGON-CITERNE



Remarque: se référer au texte pour connaître la méthode de déchargement par le haut ou par le bas.

Tableau 4
Spécifications relatives aux wagons-citernes – classe 111A60W1
(TCM, 1979; RTDCR, 1974)

Description	Capacité nominale		
	75 700 l (16 700 gal)	78 000 l (17 200 l)	90 900 l (20 000 gal)
Structure			
Tare	33 900 kg (74 700 lb)	33 900 kg (74 700 lb)	38 900 kg (85 800 lb)
Masse brute maximale	119 000 kg (263 000 lb)	83 500 kg (184 000 lb)	119 000 kg (263 000 lb)
Citerne			
Matériau	Acier	Acier	Acier
Épaisseur	11,1 mm (7/16 po)	11,1 mm (7/16 po)	11,1 mm (7/16 po)
Diamètre int.	2,60 m (102 po)	2,62 m (103 po)	2,74 (108 po)
Pression d'essai	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)
Pression d'éclatement	1 640 kPa (240 psi)	1 640 kPa (240 psi)	1 640 kPa (240 psi)
Dimensions approximatives			
Longueur avec organes d'attelage	17 m (57 pi)	17 m (57 pi)	18 m (60 pi)
Longueur avec pylônes de choc	16 m (53 pi)	16 m (53 pi)	17 m (57 pi)
Longueur entre pivots de bogie	13 m (42 pi)	13 m (42 pi)	14 m (45 pi)
Hauteur au sommet du caillebotis	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)
Hauteur hors-tout	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)
Largeur hors-tout (avec poignées)	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)
Longueur du caillebotis	2-3 m (8-10 pi)	2-3 m (8-10 pi)	2-3 m (8-10 pi)
Largeur du caillebotis	1,5-2 m (5-6 pi)	1,5-2 m (5-6 pi)	1,5-2 m (5-6 pi)
Dispositifs de chargement/déchargement			
Déchargement par le haut			
Raccord de déchargement	51 mm (2 po)	51 mm (2 po)	51 mm (2 po)
Trou de remplissage ou de visite	203-356 mm (8-14 po)	203-356 mm (8-14 po)	203-356 mm (8-14 po)
Raccord d'arrivée d'air	25- 51 mm (1-2 po)	25- 51 mm (1-2 po)	25- 51 mm (1-2 po)
Déchargement par le bas			
Orifice de déchargement par le bas	102-152 mm (4-6 po)	102-152 mm (4-6 po)	102-152 mm (4-6 po)
Dispositifs de sécurité		Évent ou soupape de sécurité	
Dôme		Aucun	
Isolation		Facultative	

- fermer le robinet de l'organe de déchargement;
- débrancher la conduite d'admission d'air et la conduite de déchargement;
- replacer le capot de protection sur l'organe de déchargement et le raccord d'admission d'air.

Pour le déchargement par le bas du wagon-citerne, procéder comme suit (CC, 1958):

déchargement par gravité ou au moyen d'une pompe

- par temps froid, réchauffer le raccord de déchargement par le bas avec de la vapeur; il faut pour cela raccorder les serpentins à vapeur à la vapeur vive;
- après avoir raccordé la conduite de déchargement à l'orifice de déchargement par le bas, de 152 mm (6 po), ouvrir l'obturateur intérieur de déchargement par le bas, commandé par le haut, en tournant le volant (levier) de commande situé sur la plate-forme supérieure du wagon;
- procéder au déchargement.

Le déchargement étant terminé:

- fermer l'obturateur intérieur de déchargement commandé par le haut, débrancher la conduite de déchargement par le bas.

déchargement au moyen d'air comprimé

- par temps froid, réchauffer le raccord de déchargement par le bas avec de la vapeur; il faut pour cela raccorder les serpentins à vapeur à la vapeur vive;
- raccorder la conduite de déchargement à l'orifice de déchargement par le bas, de 152 mm (6 po);
- brancher la conduite d'amenée d'air comprimé, de 25 mm (1 po). Abaisser la pression d'air à 138 kPa (20 psi) pour le déchargement. La conduite d'air comprimé doit être munie d'une soupape de sécurité réglée à 173 kPa (25 psi);
- ouvrir le robinet de la conduite d'air comprimé;
- ouvrir l'obturateur intérieur de déchargement par le bas, actionné par le haut, en tournant le volant (levier) de commande situé sur la plate-forme supérieure du wagon;
- procéder au déchargement.

Lorsque le déchargement est terminé:

- fermer le robinet de la conduite d'air comprimé et ouvrir la valve de l'évent installé sur celle-ci afin que la pression s'équilibre avec la pression atmosphérique;
- fermer l'obturateur de déchargement actionné par le haut;
- débrancher la conduite d'air comprimé puis la conduite de déchargement par le bas.

4.2.2 Matériel pour le déchargement du chlorure de calcium transporté en sacs ou en fûts. – On se sert du matériel normalement utilisé pour la manutention des solides. La plupart des produits transportés en sacs sont placés sur des palettes. Par mesure de sécurité, les sacs ou fûts devraient être arrimés aux palettes soit par cerclage, soit à l'aide d'un feuillard extensible.

4.2.3 Matériaux de fabrication et spécifications pour les organes de déchargement

Conduites et raccords

Acier au carbone sans soudure ASTM A106 série 40. Utiliser de préférence des joints à brides. Toutes les conduites devront être installées de façon à leur donner une légère inclinaison et qu'il ne se forme pas de poches. Les conduites extérieures devront être munies d'un dispositif de maintien en température (tube alimenté en vapeur ou câble électrique chauffant) et seront isolées (CC, 1958). Du tuyau flexible en acier ou en caoutchouc armé ou du tuyau rigide avec joints articulés peuvent être utilisés pour les parties flexibles de la conduite de déchargement.

Robinets, vannes, soupapes

Des robinets tournants coniques à boisseau défoncé, lubrifiés, en fer, ou n'importe quel robinet-vanne en fer conviennent. Pour les solutions chaudes, employer de préférence des robinets tournants coniques à boisseau défoncé, lubrifiés, en nickel

Joints d'étanchéité

Amiante ou Viton

Pompes

On recommande d'utiliser une pompe centrifuge à simple ouïe avec arbre en Monel, corps et rotor en ferro-nickel. Un rotor à ailettes anti-retour, un presse-étoupe extra-long, un joint hydraulique et une garniture en métal et amiante contribueront à réduire les fuites (CC, 1958).

La pompe devrait être munie de brides aux deux extrémités. Les raccords vissés sont déconseillés vu que le risque de fuites est plus grand.

Réservoirs de stockage

On utilise en général des réservoirs en acier soudé par fusion ayant une capacité de 56 750 l (12 500 gal) et 75 700 l (16 700 gal). Ils devraient être garnis de serpentins de chauffage pour éviter que les solutions ne gèlent. Le corps et le fond embouti seront fabriqués avec des feuilles d'au moins 9 mm d'épaisseur (CC, 1958). Si, comme cela arrive fréquemment, du chlorure de calcium en solution est stocké dans des réservoirs construits pour recevoir du pétrole, il faut tenir compte de sa densité relative et abaisser le niveau de remplissage en conséquence (CCPA, 1982).

4.3 Compatibilité avec les matériaux de construction

La compatibilité du chlorure de calcium et des matériaux qui entrent dans la fabrication de l'équipement de service est indiquée au tableau 4. Le système d'évaluation utilisé dans le tableau 4 est décrit brièvement ci-après.

Recommandé: Le matériau aura une performance satisfaisante pour l'application indiquée.

Avec réserves: Le matériau montrera des signes de détérioration pour l'application indiquée; il peut convenir pour un usage intermittent ou pour un service de courte durée.

Déconseillé: L'application indiquée causera une grave détérioration du matériau; son usage est donc déconseillé.

Tableau 5
Compatibilité du chlorure de calcium et certains matériaux de fabrication

Application	État du chlorure de calcium		Matériau recommandé	Réserves	Matériau déconseillé
	Teneur	Temp. °C			
1. Conduites et raccords	Saturé	121 (DCRG, 1978)	Polyéther chloré		
	Saturé	135	Fluorure de polyvinylidène (DCRG, 1978)		
	Dilué	Jusqu'à la limite de tolérance du matériau	Chlorure de polyvinyle I Acrylonitrile-butadiène-styrène Polyéthylène (MWPP, 1978) Fer Nickel Certains alliages de nickel et de cuivre Certains alliages de nickel et de fer (CC, 1978)		
2. Robinetterie	10 à 30 %	79	Laiton ou bronze avec joints en téflon ou en graphite imprégné d'amiante (Dow, 1974)	Acier inoxydable 316	Métal jaune
3. Pompes	Toutes	93	Ester vinylique renforcé à la fibre de verre avec joint torique en caoutchouc fluoré	Corps et rotor en fonte austénitique avec arbre en acier (CC, 1958)	

Application	État du chlorure de calcium		Matériau recommandé	Réserves	Matériau déconseillé
	Teneur	Temp. °C			
	Concentré	Chaud	Ferro-nickel à 3 % (CC, 1958) Acier inoxydable 316 (Dow, 1974) Nickel ou alliage au nickel (CC, 1958) Pompes rotatives tout en fer Garniture: amiante et métal (CC, 1958)		
4. Emmagasinage	La plupart des qualités et teneurs	Ambiante	Feuilles d'acier au carbone malléable de 10 mm (CC, 1958)		Aluminium et ses alliages (Dow, 1974)
	La plupart des qualités et teneurs	Ambiante	Feuilles d'acier au carbone de 3-10 mm (Dow, 1974)		
5. Autres	5 %	20	Acier inoxydable 316 (ASS)	Acier inoxydable 302 Acier inoxydable 304 (ASS)	
	Saturée	20	Acier inoxydable 316 (ASS)	Acier inoxydable 302 Acier inoxydable 304 (ASS)	

Application	État du chlorure de calcium		Matériau recommandé	Réserves	Matériau déconseillé
	Teneur	Temp. °C			
			Les enduits suivants peuvent être utilisés: – Résine epoxy catalysée – Copolymère de résine epoxy phénolique – Uréthane – Epoxy de goudron – Vinyle (Dow, 1974)		
	Dilué	40	Chlorure de polyvinyle non plastifié Polyéthylène Polypropylène Polyoxyméthylène Caoutchouc naturel Caoutchouc nitrile (Nitrile, Buna N) Caoutchouc butyle Copolymère éthylène-propylène Polychloroprène (Néoprène) Caoutchouc fluoré (Viton) Polyéthylène chlorosulfoné (Hypalon) (GFPS)		
	Dilué	60	Polyéthylène Polypropylène Polyoxyméthylène Caoutchouc naturel	Chlorure de polyvinyle non plastifié (GFPA)	

Application	État du chlorure de calcium		Matériau recommandé	Réserves	Matériau déconseillé
	Teneur	Temp. °C			
			Caoutchouc nitrile (Buna N) Caoutchouc butyle Copolymère éthylène-propylène Polychloroprène (Néoprène) Caoutchouc fluoré (Viton) Polyéthylène chlorosulfoné (Hypalon) (GFPS)		
		60	Chlorure de polyvinyle (TPS, 1978)		
	Saturé	60	Chlorure de polyvinyle non plastifié Polyéthylène Polypropylène Polyoxyméthylène Caoutchouc naturel Caoutchouc nitrile (Buna N) Caoutchouc butyle Copolymère éthylène-propylène Polychloroprène (Néoprène) Ester vinylique renforcé à la fibre de verre		

Application	État du chlorure de calcium		Matériau recommandé	Réserves	Matériau déconseillé
	Teneur	Temp. °C			
			Polyéthylène chlorosulfoné (GFPS)		
		66	Polypropylène	Polyéthylène	Chlorure de polyvinyle non plastifié
		80	Polypropylène*	Polyoxyméthylène (GFPS)	
			Caoutchouc nitrile (Nitrile, Buna N)		Caoutchouc naturel (GFPS)
			Caoutchouc butyle		
			Copolymère éthylène-propylène		
			Polychloroprène (Néoprène)		
			Caoutchouc fluoré (Viton)		
			Polyéthylène chlorosulfoné (Hypaion) (GFPS)		
		82		Polypropylène (TPS, 1978)	
		85	Chlorure de polyvinyle chloré (TPS, 1978)		
		121	Fluorure de polyvinylidène (TPS, 1978)		
	Saturé	100	Caoutchouc nitrile	Polypropylène	Chlorure de polyvinyle non plastifié
			Polychloroprène (Néoprène)	Caoutchouc butyle	Polyéthylène
			Caoutchouc fluoré (Viton)	Copolymère éthylène-propylène (GFPS)	Polyoxy-méthylène
			Polyéthylène chlorosulfoné (Hypalon) (GFPS)		Caoutchouc naturel (GFPS)

Application	État du chlorure de calcium		Matériau recommandé	Réserves	Matériau déconseillé
	Teneur	Temp. °C			
	Toutes les formes	Ébullition	Acier inoxydable 316 (ASS)		Acier inoxydable 302 (ASS)
			Caoutchouc naturel Styrène-butadiène (GR-5, Buna S) Polychloroprène (Néoprène) Caoutchouc nitrile Caoutchouc butyle Polyéthylène chlorosulfoné (Hypalon) Silicone Copolymère éthylène-propylène (GPP)		
	10 à 100 %	24-100	Verre (CDS, 1967)		
	10, 30, 50 ou 100 %	24			Béton (CDS, 1967)
	10 à 20 %	24-100	Bois (épinette, érable) (CDS, 1967)		
	100 %	24	Bois (épinette, érable) (CDS, 1967)		

* Dans un autre ouvrage consulté, la cote attribuée à ce matériau, pour la même application, était inférieure.

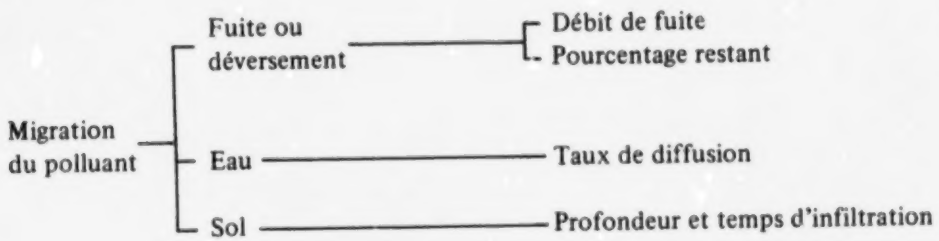
5 FUITE ET MIGRATION DU CHLORURE DE CALCIUM

5.1 Aperçu général

Le chlorure de calcium est transporté à l'état solide ou en solutions aqueuses. Déversé dans l'eau, le chlorure de calcium se dissout ou se mélange très rapidement. Déversé sur le sol, il se répand à la surface puis pénètre dans le sol à une vitesse qui varie selon le type de sol et la teneur en eau de ce dernier. L'infiltration du liquide jusqu'à la nappe phréatique peut créer des problèmes sur le plan de l'environnement.

Comme le chlorure de calcium n'est pas volatil, il n'y a pas à craindre de diffusion dans l'atmosphère.

En cas de migration du produit dans l'eau ou dans le sol, les facteurs suivants seront pris en considération:



À cause du caractère approximatif des calculs dans le domaine de la migration des polluants, la méthode adoptée consiste à utiliser des estimations prudentes des paramètres critiques en prévision du pire. En suivant cette méthode, il se peut que l'on doive poser des hypothèses différentes pour chaque milieu. Cette méthode permet donc de comparer le comportement de différents produits chimiques dans les pires scénarios à partir d'hypothèses compatibles avec chaque milieu.

5.2 Fuite du produit

5.2.1 Introduction. – À l'état liquide, le chlorure de calcium est parfois transporté dans des wagons-citernes. La capacité des wagons-citernes pouvant varier considérablement, un modèle a été choisi pour établir les nomogrammes de fuite. Le modèle retenu mesure 2,75 m de diamètre, 13,4 m de longueur et peut contenir environ 80 000 l de liquide. Nous nous sommes servis du même modèle pour toute la collection Enviroguide afin de permettre des comparaisons.

Grâce aux nomogrammes, on pourra calculer la quantité de liquide restant dans la citerne ainsi que le débit de fuite du liquide à mesure que le temps passe. Comme les citernes ne sont pas sous pression supérieure à la pression atmosphérique et que le produit est peu volatil, aucun nomogramme n'a été élaboré pour la fuite éventuelle de vapeurs par une perforation qui se trouverait dans le haut de la citerne.

5.2.2 Nomogrammes de fuites

5.2.2.1 Pourcentage de liquide restant en fonction du temps. – La figure 12 permet d'évaluer le pourcentage de liquide restant dans un wagon-citerne en fonction du temps écoulé depuis le moment du bris et en fonction d'un certain nombre de diamètres de l'orifice. Les diamètres considérés sont des diamètres équivalents et valent pour des orifices de toutes formes.

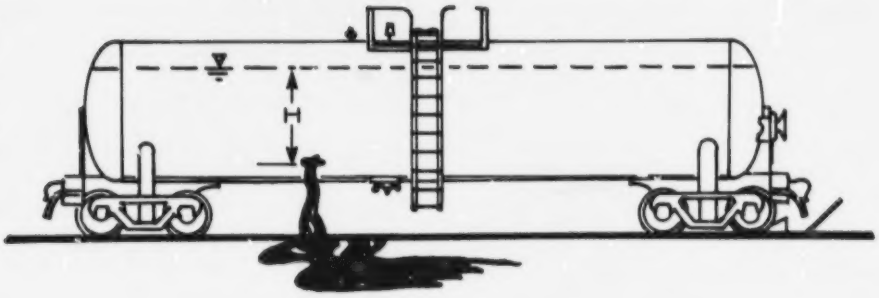


FIGURE 11 **WAGON-CITERNE PERCÉ DANS LE BAS**

On suppose que le wagon-citerne type (2,75 m de diamètre, 13,4 m de longueur, capacité de 80 000 l) était plein au moment du bris. À noter que le volume de liquide restant, après un temps d'écoulement donné (t), n'est pas seulement fonction du débit de fuite mais aussi de la taille et de la forme du wagon-citerne.

5.2.2.2 Débit de fuite en fonction du temps d'écoulement. – La figure 13 permet d'évaluer à n'importe quel moment le débit instantané de fuite après un temps d'écoulement donné (t), en fonction de diamètres équivalents donnés. Le nomogramme ne vaut que pour un wagon-citerne dont le contenu initial est de 80 000 litres.

5.2.3 Exemple de calcul

PROBLÈME A

La paroi d'un wagon-citerne type (2,75 m de diamètre, 13,4 de longueur) rempli de chlorure de calcium en solution a été perforée dans le bas. Le diamètre équivalent (ϕ) de la perforation est de 150 mm. Après 10 minutes, quel est en pourcentage du volume initial de 80 000 l, le volume de liquide restant?

Solution (voir fig. 12): si t = 10 mn et ϕ = 150 mm, le volume de liquide restant représente 36 p. 100 (soit 28 800 l) du volume initial.

PROBLÈME B

Les données du problème B étant les mêmes que celles du problème A, quel est le débit instantané (q) 10 minutes après le début de l'écoulement?

Solution (voir fig. 13): si t = 10 mn et ϕ = 150 mm, q = 70 l/s.

5.3 Diffusion dans l'atmosphère

Comme le chlorure de calcium est un produit non volatil, il ne présente aucun risque notable de diffusion dans l'atmosphère dans les déversements accidentels envisageables.

5.4 Comportement dans l'eau

5.4.1 Introduction. – Lorsque du chlorure de calcium est déversé dans l'eau, il se mélange rapidement avec celle-ci. En général, le phénomène de mélange peut être décrit par les équations de diffusion classiques, comportant un ou plusieurs coefficients de diffusion. Dans les rivières,

Figure 12

CHLORURE DE CALCIUM

POURCENTAGE DE LIQUIDE RESTANT/ TEMPS D'ÉCOULEMENT

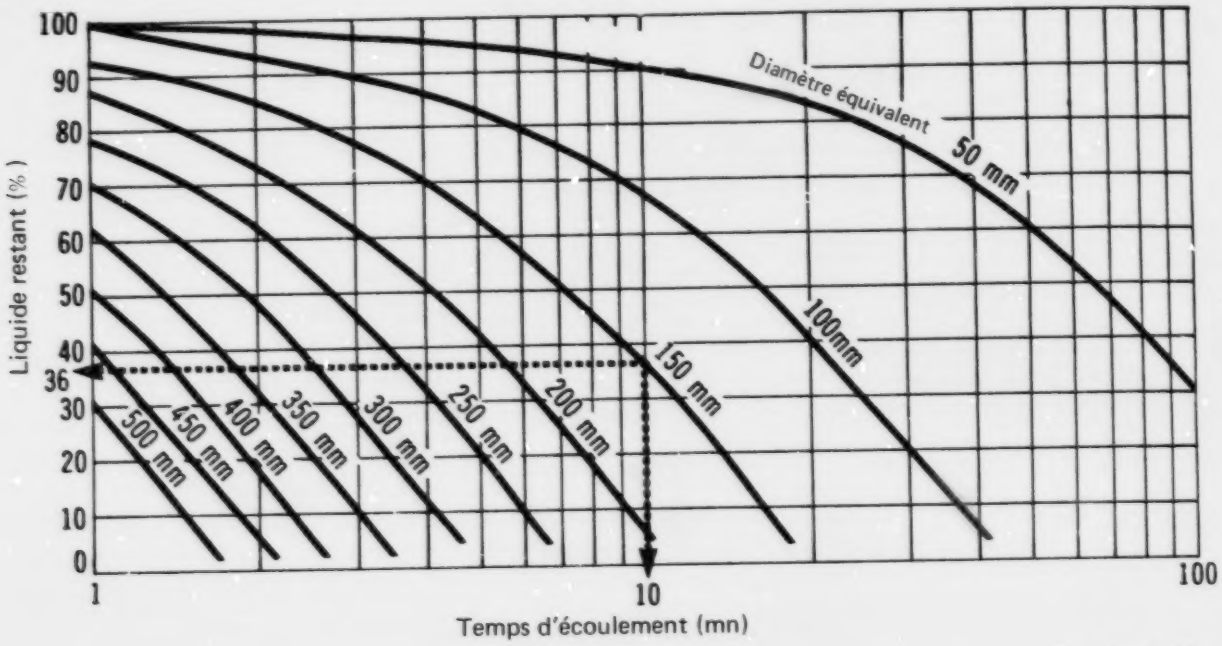
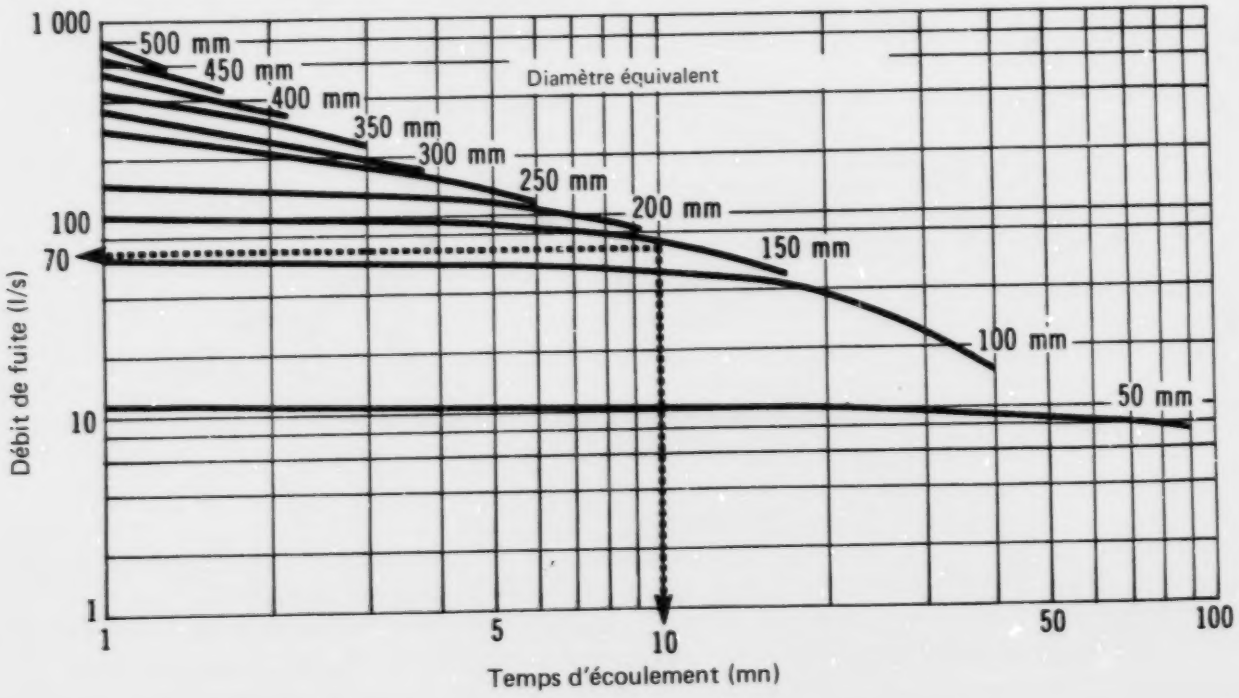


Figure 13

CHLORURE DE CALCIUM

DÉBIT DE FUITE/TEMPS D'ÉCOULEMENT



le mélange est surtout le résultat d'un écoulement turbulent, alors que dans un plan d'eau calme, il s'effectue par diffusion moléculaire.

Pour évaluer la teneur en polluant de l'eau d'une rivière en aval d'un lieu de déversement, les auteurs ont utilisé un modèle de diffusion turbulente. Ce modèle s'applique aux liquides miscibles dans l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et aux solides qui se dissolvent dans l'eau. Comme la densité relative du chlorure de calcium est supérieure à celle de l'eau, la teneur maximale devrait être observée près du fond.

Le modèle utilisé est unidimensionnel; il établit un canal rectangulaire théorique et suppose une teneur uniforme en polluant dans toute section donnée de l'écoulement (section mouillée). En pratique, une telle uniformité n'est possible qu'en des points situés assez loin en aval du lieu du déversement, là où les mécanismes de mélange et de dilution ont joué suffisamment pour produire une répartition égale du polluant à travers le canal. Le modèle s'applique aux rivières dont le raport largeur/profondeur est inférieur à 100. Il postule également un coefficient de rugosité de Manning de 0,03. (Pour plus de détails au sujet de ce modèle, voir le Manuel d'introduction Enviroguide.)

En ce qui a trait à la diffusion moléculaire dans une étendue d'eau calme, aucun modèle n'a été élaboré. Les auteurs ont établi des nomogrammes permettant de délimiter la zone dangereuse et de calculer la teneur moyenne dans cette zone en fonction de la masse de liquide déversé, indépendamment du temps écoulé.

5.4.2 Nomogrammes de diffusion du polluant dans l'eau. – Le lecteur trouvera ci-dessous la liste des nomogrammes servant à déterminer les teneurs en polluants dans les rivières non soumises aux marées et dans les étendues d'eau calme.

A. – Rivières non soumises aux marées

Figure 15 Distance en fonction du temps pour une plage de vitesses moyenne de l'écoulement

Figure 16 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal pour une plage de profondeurs du canal (hauteurs d'eau)

Figure 17 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique pour une plage de vitesses moyennes de l'écoulement

Figure 18 Alpha* en fonction du coefficient de diffusion turbulente pour différentes valeurs de temps écoulé

Figure 19 Delta* en fonction de alpha pour différentes masses de liquide déversé

Figure 20 Teneur maximale en fonction de delta pour des sections mouillées de différentes surfaces

B. – Étendues d'eau calme ou lacs (au repos)

Figure 21 Volume d'eau en fonction du rayon de la zone dangereuse pour différentes profondeurs du lac (hauteurs d'eau)

Figure 22 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau de la zone dangereuse pour différentes masses de liquide déversé

La figure 14 présente les étapes à suivre pour évaluer la teneur en un point en aval après un déversement et indique les nomogrammes à utiliser; ces derniers sont expliqués dans les paragraphes qui suivent.

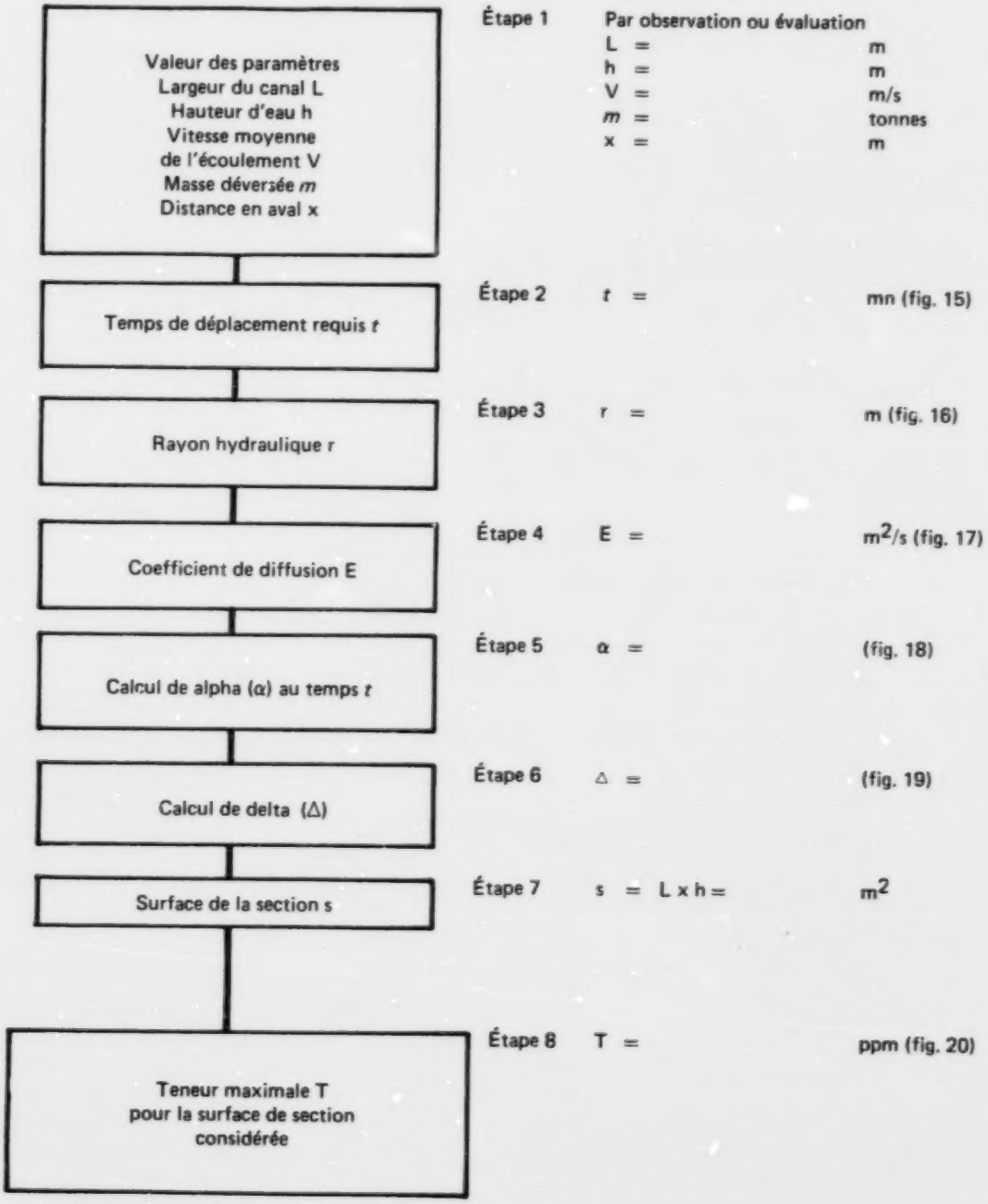
---

* Alpha et delta ne sont que des facteurs de conversion: leur unité est de faciliter le calcul des teneurs en aval du lieu de déversement.

Figure 14

CHLORURE DE CALCIUM

ÉTAPES À SUIVRE POUR CALCULER LA TENEUR EN POLLUANT DANS UNE RIVIÈRE NON SOUMISE AUX MARÉES



5.4.2.1 Diffusion dans les rivières non soumises aux marées

Figure 15 Distance en fonction du temps. – Le graphique montre les relations entre la vitesse moyenne de l'écoulement, le temps écoulé et la distance parcourue. Pour une vitesse moyenne de l'écoulement (V) donnée, le temps (t) que met le polluant pour atteindre un point situé à une distance donnée (x) en aval du lieu du déversement peut être obtenu rapidement à l'aide de ce graphique.

Figure 16 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal. – Le modèle choisi pour évaluer la teneur en polluant en aval du lieu du déversement comporte un canal rectangulaire théorique de largeur (L), ayant une hauteur d'eau (h). Le rayon hydraulique (r) doit être connu pour calculer le coefficient de diffusion turbulente (E). Le rayon hydraulique lui-même correspond au rapport de la surface de la section (s) mouillée (ou section de l'écoulement) au périmètre mouillé (B). La figure 16 permet de déterminer le rayon hydraulique du canal à partir de la largeur de ce dernier et de la hauteur d'eau.

Figure 17 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique. – Les données connues sur le rayon hydraulique (r) et sur la vitesse moyenne de l'écoulement (V) permettent de déterminer le coefficient de diffusion turbulente (E).

Figure 18 Alpha en fonction du coefficient de diffusion turbulente. – Le nomogramme permet d'obtenir le facteur de conversion (α); ce dernier est fonction du coefficient de diffusion turbulente (E) et du temps (t) requis pour atteindre un point situé en aval du lieu du déversement.

Figure 19 Delta en fonction de alpha. – Un second facteur de conversion, delta (Δ), est requis pour évaluer la teneur en polluant en un point donné. Delta est fonction d'alpha et de la masse de liquide déversé.

Figure 20 Teneur maximale en fonction de delta. – Il s'agit de la dernière étape dans la détermination de la teneur maximale en polluant en un point situé en aval du lieu du déversement. En se servant du facteur delta et connaissant la surface de la section mouillée (s), le lecteur trouve rapidement la teneur. La valeur obtenue vaut pour les liquides miscibles dans l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et pour les solides solubles dans l'eau; elle variera quelque peu dans le cas de polluants dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau.

5.4.2.2 Diffusion dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos)

Figure 21 Volume d'eau en fonction du rayon. – L'étendue d'eau calme (ni vent, ni courant) touchée par le déversement d'un liquide miscible (dans l'eau), de densité équivalente à celle de l'eau, est représentée par un cylindre théorique de rayon (r) et de longueur (h) égale à la hauteur d'eau à l'endroit où le déversement se produit. Le volume d'eau peut être obtenu à l'aide de la figure 21. Le rayon (r) équivaut à la distance (x) entre le lieu du déversement et le point où la teneur est mesurée.

Figure 22 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau. – Pour un volume d'eau connu du cylindre théorique, le nomogramme permet d'établir une teneur moyenne en polluant selon la masse de liquide déversé. Il est pris pour acquis que la diffusion du polluant est uniforme dans le cyclindre. En pratique, dans le cas de substances dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau, la teneur réelle près du fond sera plus forte ou plus faible.

5.4.3 Étapes du calcul

5.4.3.1 Teneur en polluant dans une rivière non soumise aux marées. – Vingt tonnes d'une solution de chlorure de calcium à 45 p. 100 ont été déversées dans une rivière. La hauteur

Figure 15

CHLORURE DE CALCIUM — **DISTANCE EN FONCTION DU TEMPS**

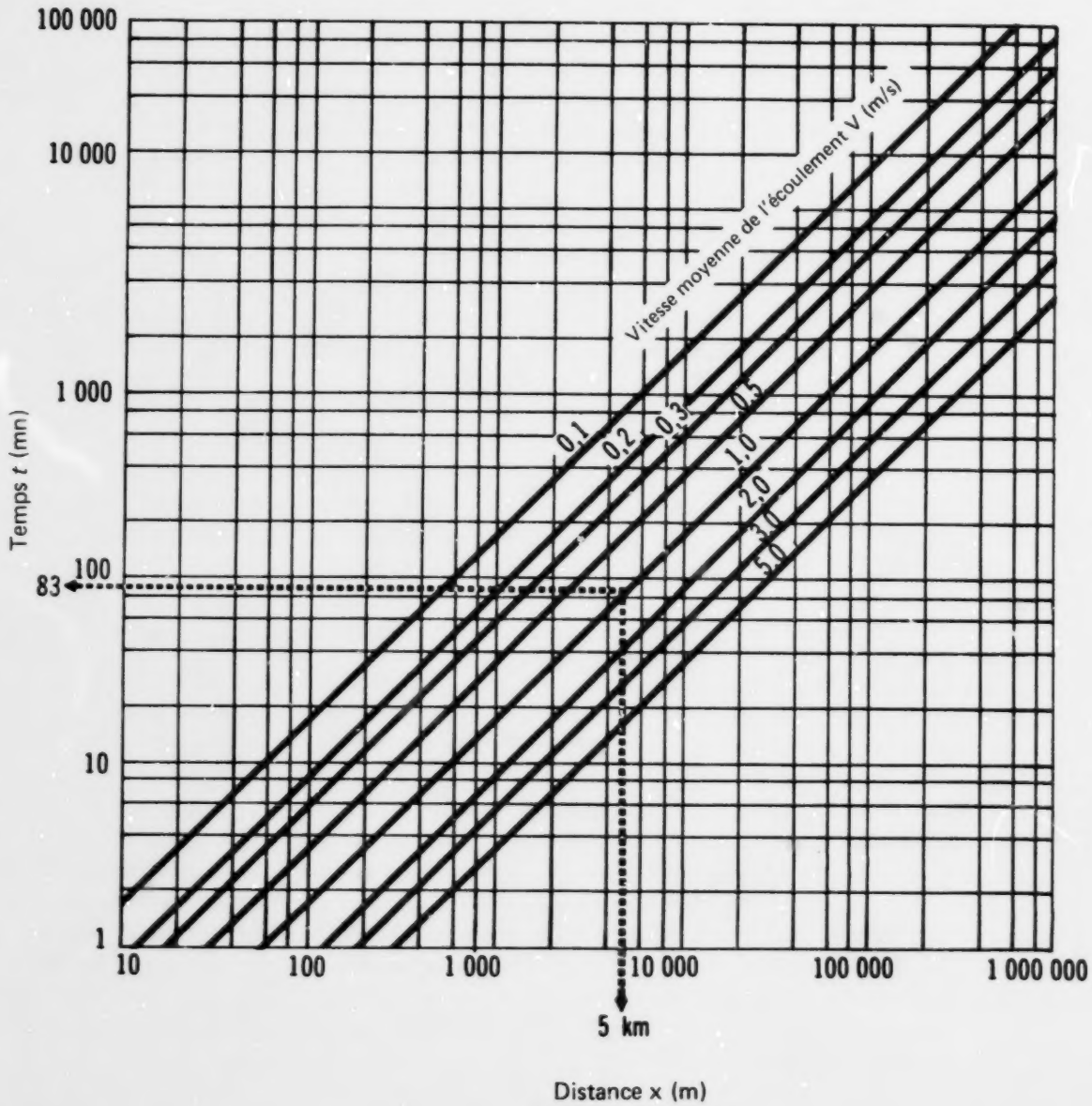


Figure 16

CHLORURE DE CALCIUM

RAYON HYDRAULIQUE EN FONCTION DE LA LARGEUR DU CANAL

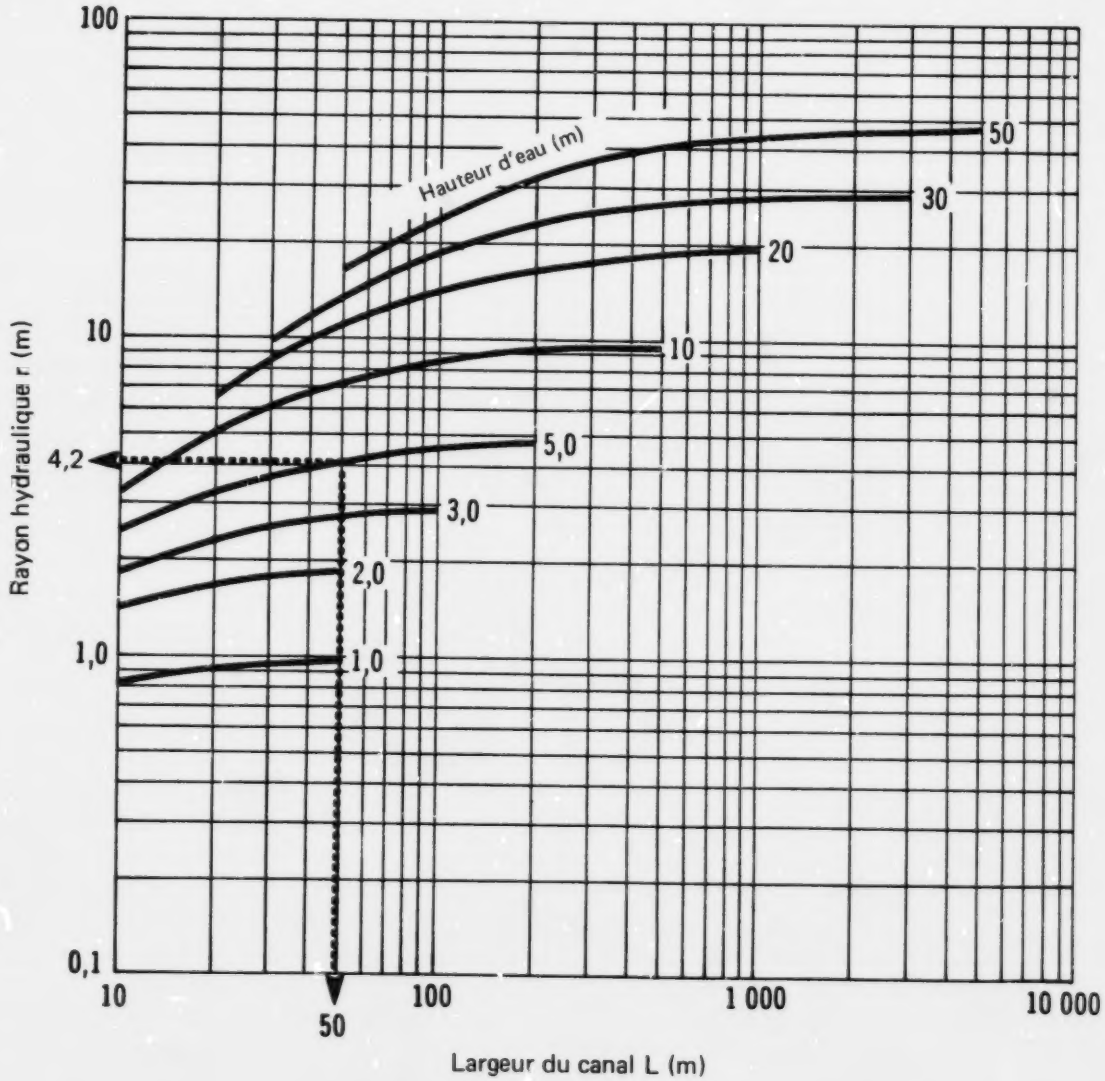


Figure 17

CHLORURE DE CALCIUM

COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE
EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

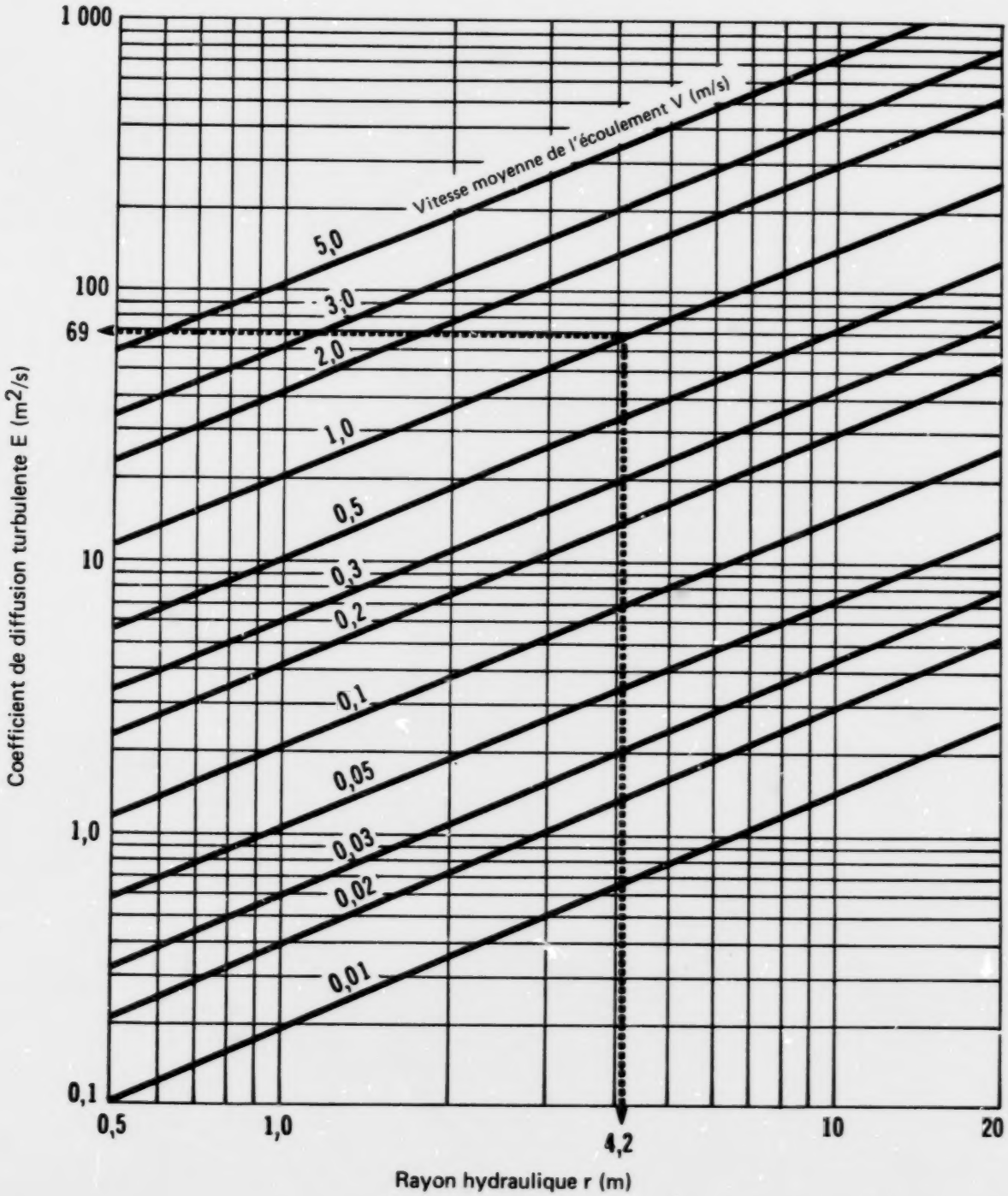


Figure 18

CHLORURE DE CALCIUM

ALPHA EN FONCTION DU COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE

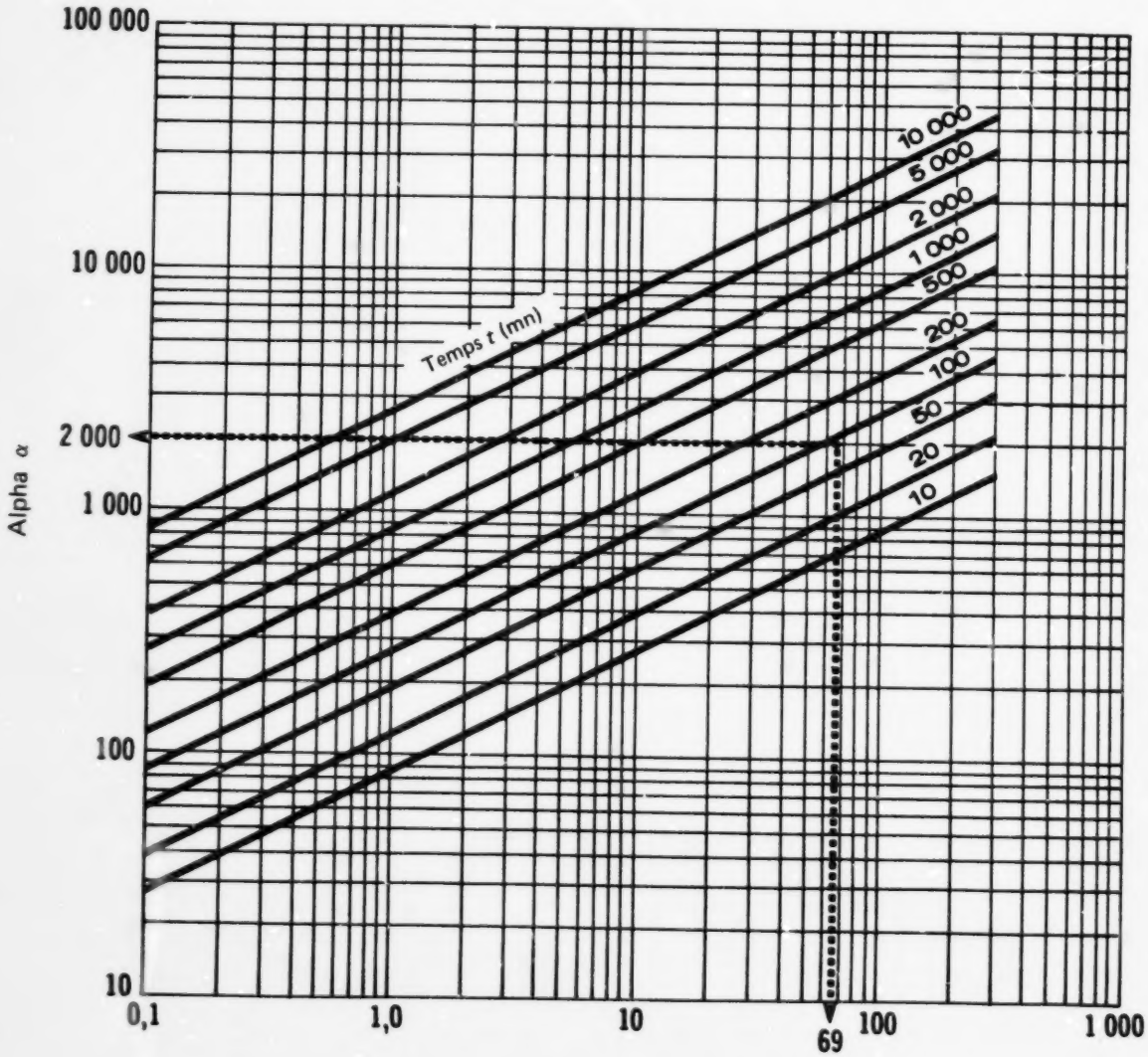


Figure 19

CHLORURE DE CALCIUM

DELTA
EN FONCTION DE ALPHA

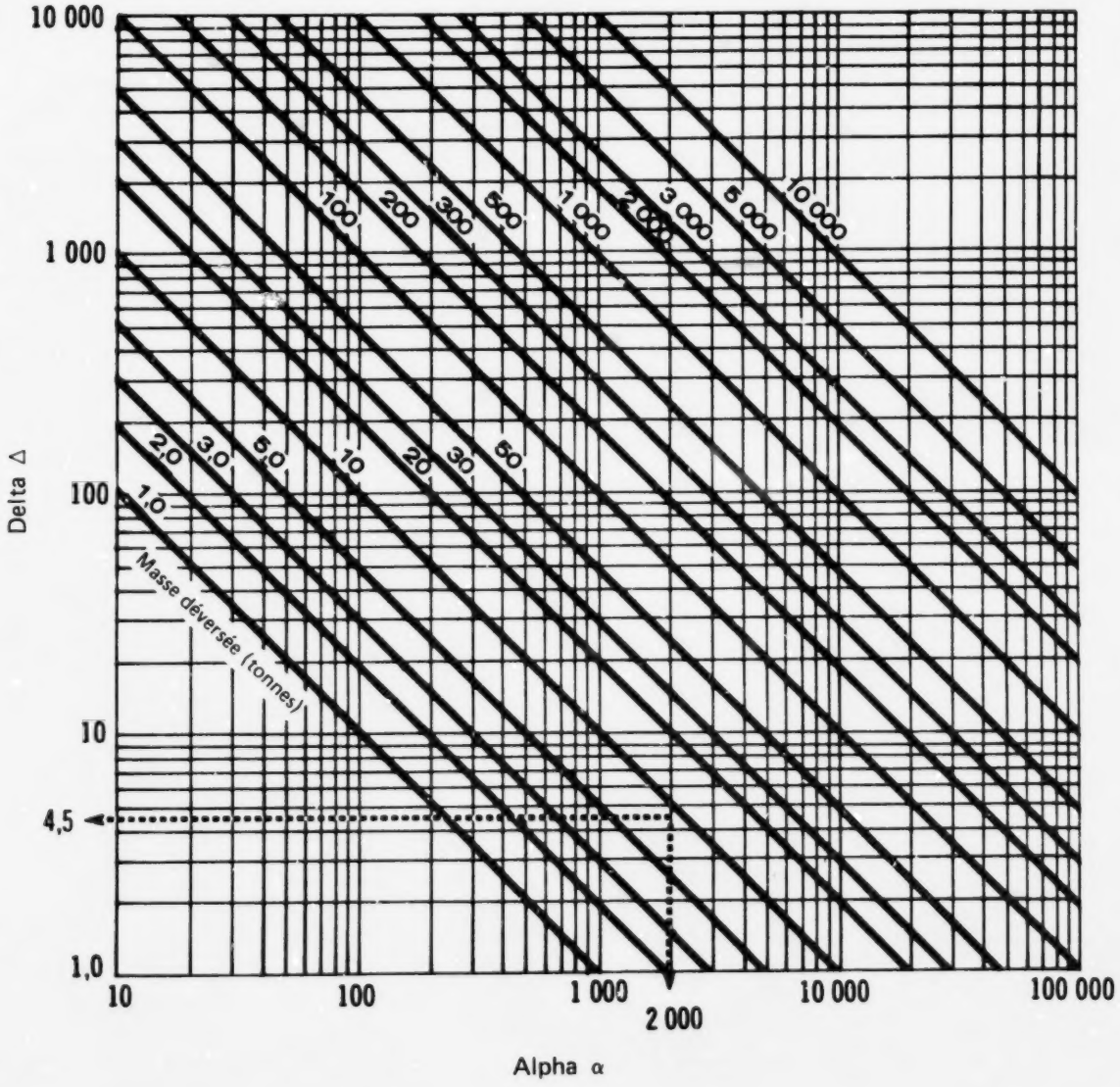
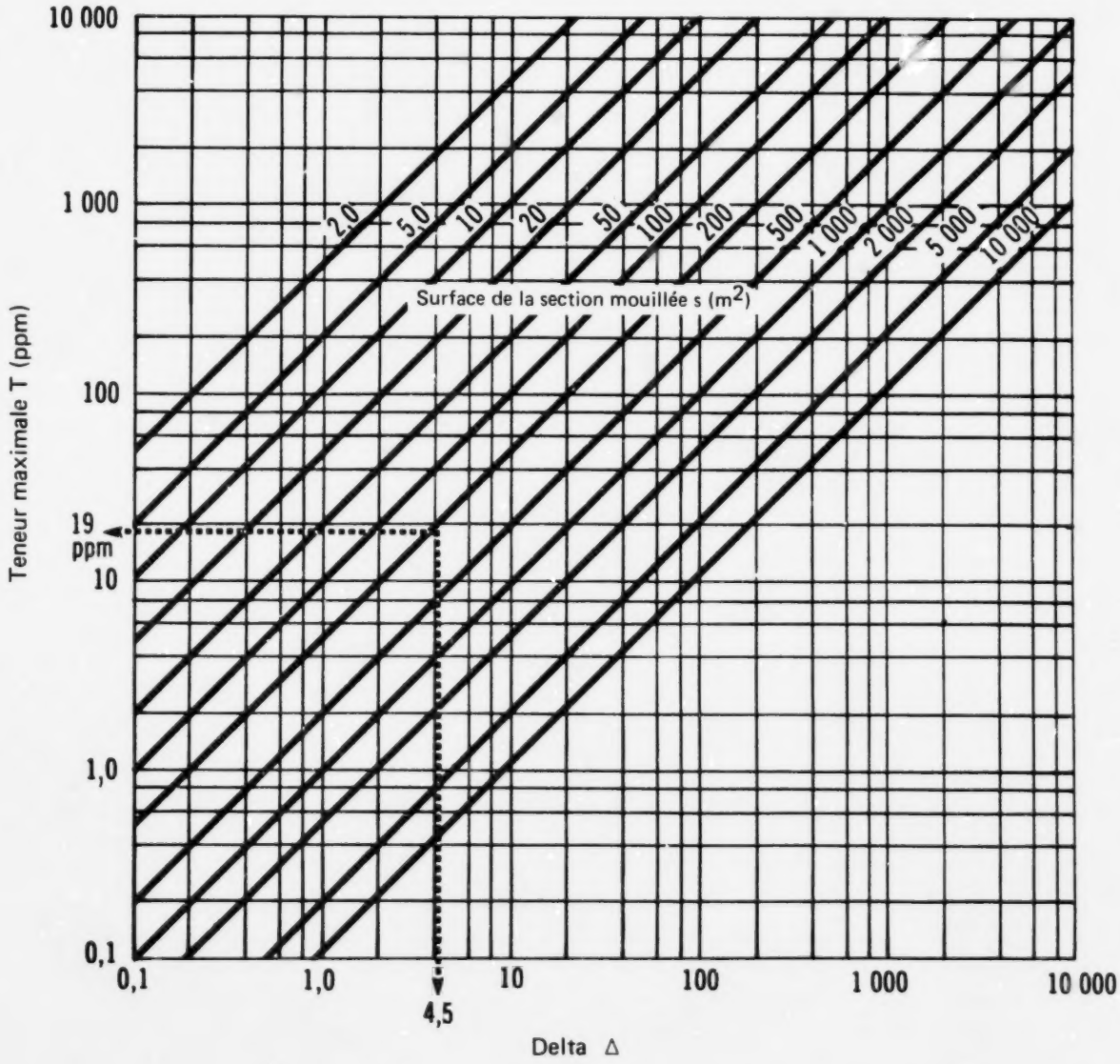


Figure 20

CHLORURE DE CALCIUM

TENEUR MAXIMALE EN FONCTION DE DELTA



d'eau (h) est de 5 m et la largeur (L), de 50 m. La vitesse moyenne de l'écoulement est évaluée à 1 m/s. Quelle est la teneur maximale prévisible en un point situé à 5 km en aval, près d'une prise d'eau?

Étape 1 Déterminer les paramètres
L = 50 m; h = 5 m; V = 1 m/s; x = 5000 m:
m = 20 tonnes d'une solution concentrée à 45 p. 100 = 9 tonnes d'une solution à 100 p. 100 de chlorure de calcium

Étape 2 Déterminer le temps requis pour atteindre le point qui nous intéresse
Comme x = 5000 m et V = 1 m/s, t = 83 mn (fig. 15)

Étape 3 Déterminer le rayon hydraulique
Comme L = 50 m et h = 5 m, r = 4,2 m (fig. 16)

Étape 4 Déterminer le coefficient de diffusion turbulente
Comme r = 4,2 m et V = 1 m/s, E = 69 m^2/s (fig. 17)

Étape 5 Déterminer alpha
Comme E = 69 m^2/s et t = 83 mn, α = 2000 (fig. 18)

Étape 6 Déterminer delta
Comme α = 2000 et m = 9 tonnes de solution à 100 p. 100 de chlorure de calcium, Δ = 4,5 (fig. 19)

Étape 7 Calculer la surface de la section mouillée
s = L x h = 50 x 5 = 250 m^2

Étape 8 Déterminer la teneur maximale au point qui nous intéresse
Comme Δ = 4,5 et s = 250 m^2, la teneur est de 19 ppm (fig. 20)

5.4.3.2 Teneur en polluant dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos). – Vingt tonnes d'une solution de chlorure de calcium à 45 p. 100 ont été déversées dans un lac. Le point qui nous intéresse se trouve le long de la rive, à environ 1000 m du lieu du déversement. Entre ce lieu et le point qui nous intéresse, la hauteur d'eau moyenne est de 5 m. Quelle est la teneur moyenne prévisible en ce point?

Étape 1 Déterminer les paramètres
h = 5 m; r = 1000 m; m = 9 tonnes (l'équivalent de la solution à 100 p. 100)

Étape 2 Déterminer le volume d'eau assurant la diffusion
Comme r = 1000 m et h = 5 m, vol. = 1,5 x 10^7 m^3 environ (fig. 21)

Étape 3 Déterminer la teneur moyenne
Comme vol. = 1,5 x 10^7 m^3 et m = 9 tonnes, la teneur moyenne est de 0,7 ppm (fig. 22).

5.5 Comportement dans la subsurface

5.5.1 Mécanismes. – Les principes de la migration des polluants dans le sol et leur application en ce qui a trait à la présente plaquette ont été expliqués dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Nous n'aborderons donc ici que des points particuliers qui sont à considérer advenant le déversement de chlorure de calcium sur le sol et sa migration dans le sol.

Le chlorure de calcium est fréquemment transporté à l'état solide. Advenant un déversement, le risque de pollution des eaux souterraines est faible si le sol est sec et que le nettoyage intervient avant que des précipitations atmosphériques se produisent. Toute eau tombant sur le sol sous forme de précipitations ou lors des opérations de nettoyage entraînera par contre la dilution du polluant qui peut alors s'infiltrer dans le sol.

Figure 21

CHLORURE DE CALCIUM

VOLUME D'EAU
EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

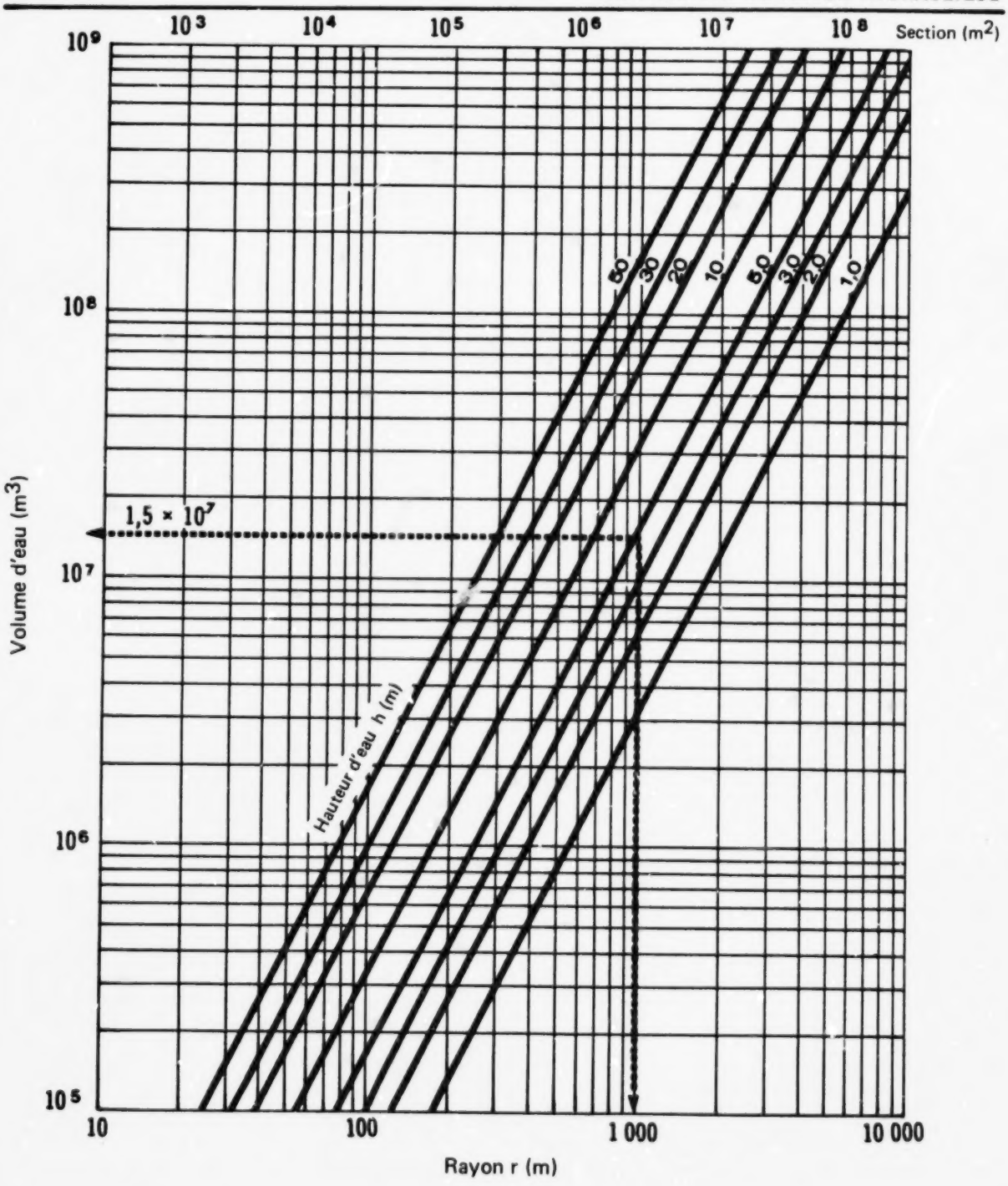
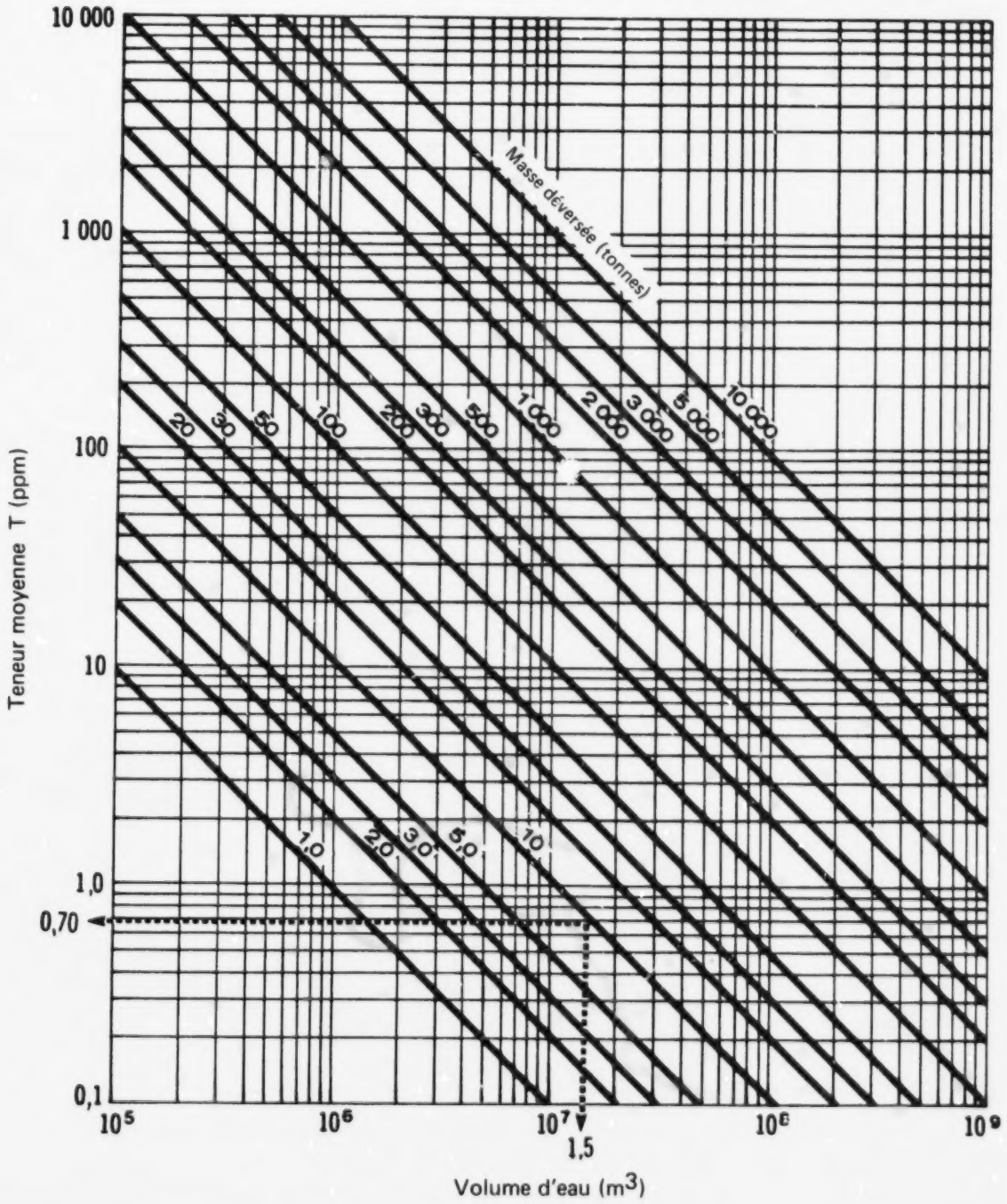


Figure 22

CHLORURE DE CALCIUM

TENEUR MOYENNE
EN FONCTION DU VOLUME D'EAU



Comme le chlorure de calcium est très soluble (42,5 g/100 ml à 20 °C), des solutions fortement salines peuvent pénétrer dans le sol. Il se produira certaines interactions entre le $CaCl_2$ et le sol probablement par échange d'ions. Cependant, la plus grande partie du sel ainsi que les ions échangés s'infiltreront dans le sol.

Il y aura ruissellement si le sol est saturé d'eau au moment du déversement. Pour nos calculs, nous avons supposé une capacité normale d'humidité, dite capacité au champ. Le sol recèle alors très peu d'eau interstitielle susceptible de diluer le produit au cours de sa migration ou de freiner son mouvement descendant, situation qui correspond au «pire cas».

Lorsque le polluant atteint la nappe phréatique, il continue sa migration dans la direction de l'écoulement de l'eau de la nappe. Il forme une poche de pollution au sein de laquelle les phénomènes de diffusion et de dispersion contribuent à une certaine baisse de la teneur en polluant. (Voir figure 23.)

5.5.2 Migration du chlorure de calcium dans la zone non saturée. – Les équations et les postulats utilisés pour déterminer la migration du polluant dans la zone non saturée, jusqu'à la nappe phréatique, sont présentés dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Les vitesses de migration sont établies à partir de la loi de Darcy, en posant comme hypothèse la formation d'une colonne saturée en solution polluée, par suite d'un écoulement en bloc.

5.5.3 Coefficient de perméabilité du chlorure de calcium en sol saturé. – Le coefficient de perméabilité, qui correspond au coefficient k de la loi de Darcy, est un paramètre mesurant la perméabilité d'un milieu continu, en m/s. Il est défini par:

$$k = \frac{(\rho g)k}{\mu}$$

où: k = perméabilité intrinsèque du sol (m^2)
ρ = masse volumique du fluide (kg/m^3)
μ = viscosité absolue du fluide (Pa · s)
g = accélération de la pesanteur = 9,81 m/s^2

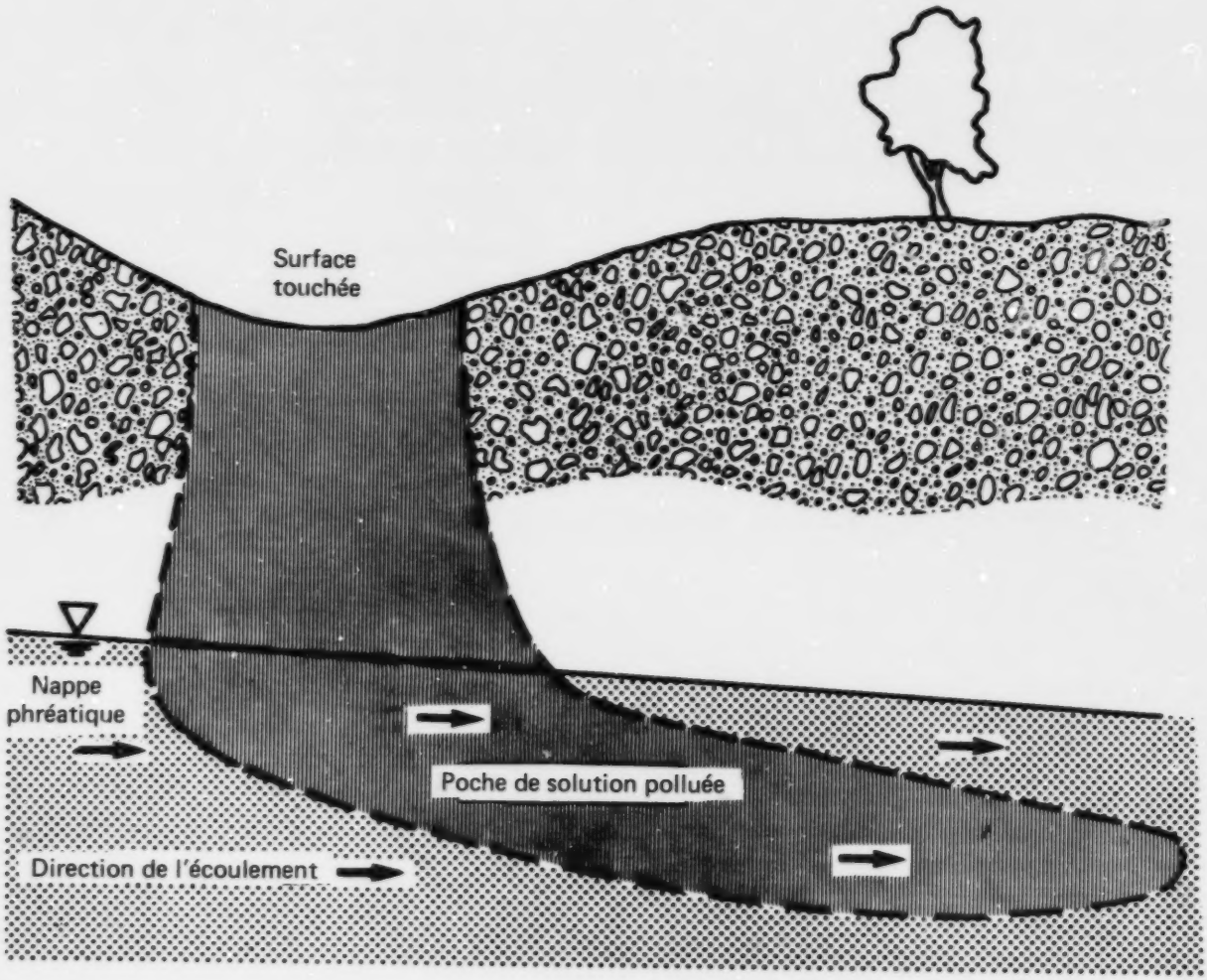
Les deux liquides présents sont le chlorure de calcium en solution à 30 p. 100, et l'eau. Dans le tableau ci-dessous, les données relatives à l'eau représentent le point extrême de dilution du chlorure de calcium.

	Chlorure de calcium à 30 %		Eau
Propriété	20 °C	4 °C	20 °C
Masse volumique ρ (kg/m^3)	1,282	1,284	998
Viscosité absolue μ (Pa · s)	$3,5 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$
Coefficient de perméabilité k (m/s)	$(0,36 \times 10^7)k$	$(0,49 \times 10^7)k$	$(0,98 \times 10^7)k$

5.5.4 Types de sol. – Le Manuel d'introduction Enviroguide décrit les trois types de sol retenus pour les besoins de la présente section. Le tableau ci-après indique les propriétés qui nous intéressent.

Figure 23

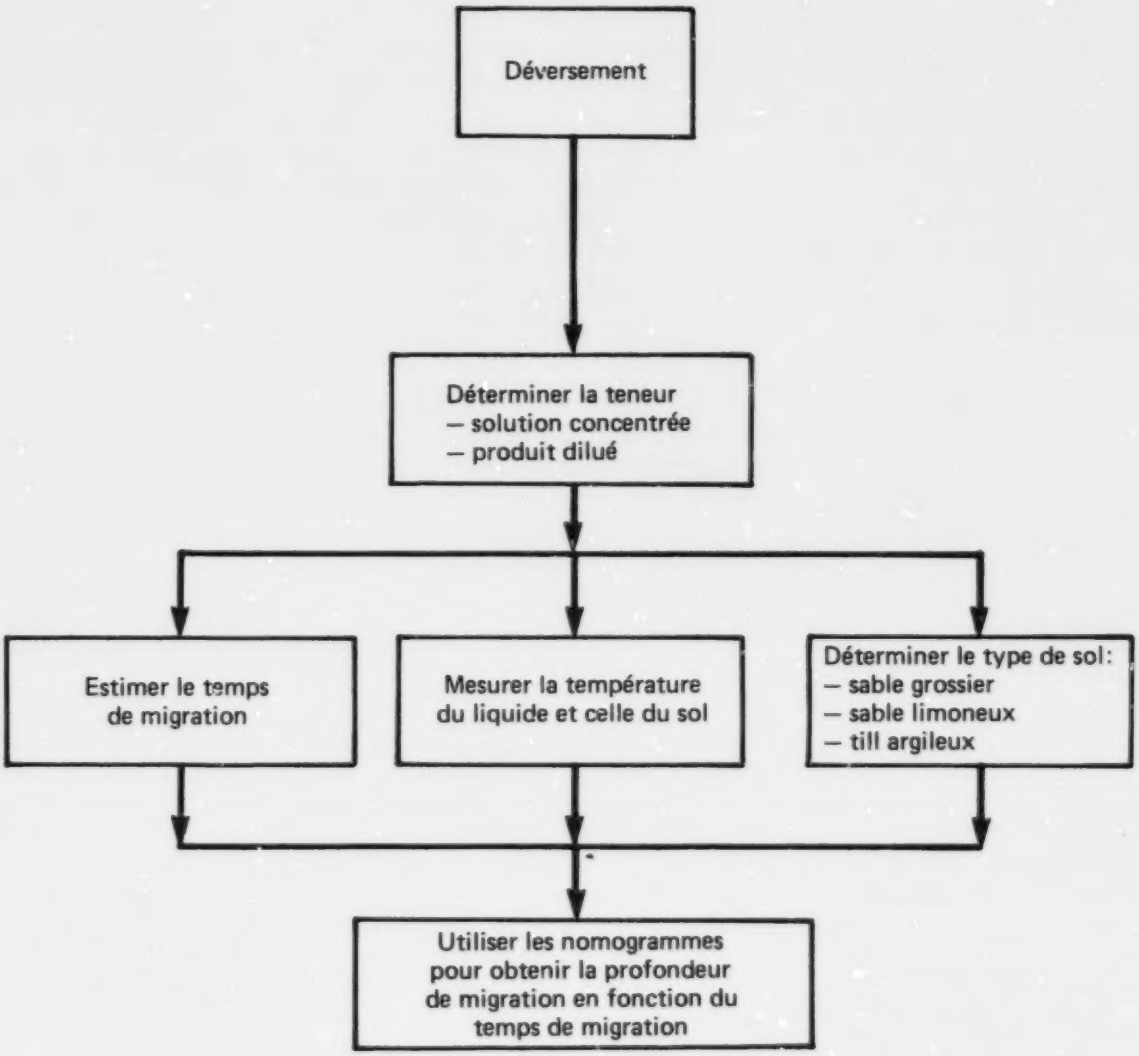
CHLORURE DE CALCIUM — **MIGRATION DANS LE SOUS-SOL**



Sol : sable grossier
Porosité = 0,35, Perméabilité intrinsèque = 10^{-9} m^2, Capacité au champ = 0,075

Figure 24

CHLORURE DE CALCIUM — PLAN D'UTILISATION DES NOMOGRAMMES



Propriété	Types de sol		
	Sable grossier	Sable limoneux	Till argileux
Porosité (m^3/m^3)	0,35	0,45	0,55
Perméabilité intrinsèque (m^2)	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Capacité au champ (m^3/m^3)	0,075	0,3	0,45

5.5.5 Nomogrammes de migration. – Un nomogramme de migration du chlorure de calcium dans la zone non saturée (au-dessus de la surface de saturation) a été préparé pour chacun des trois types de sol choisis. La profondeur atteinte par le polluant est donnée en fonction du temps de migration. Vu les méthodes utilisées et les hypothèses posées, la profondeur atteinte par le polluant doit être considérée comme maximale pour le temps donné. La figure 24 indique la marche à suivre dans l'utilisation des nomogrammes (fig. 25, 26 et 27). La droite représentant la profondeur atteinte par l'eau correspond à la profondeur maximale d'infiltration de l'eau à une température de 20 °C, pour un temps donné. Elle correspond donc à la profondeur maximale de migration du chlorure de calcium dilué à l'extrême au contact de l'eau.

5.5.6 Exemple de calcul. – Vingt tonnes de chlorure de calcium à l'état solide ont été déversées sur un sol constitué de sable grossier. Le rayon de la surface polluée est de 8,6 m. La température s'élève à 20 °C. Il se met à pleuvoir alors que les opérations de nettoyage sont en cours. Calculer la profondeur atteinte par le polluant 20 minutes après qu'il ait commencé à pleuvoir.

Étape 1 Déterminer la valeur des paramètres.
Masse déversée = 20 000 kg
Température = 20 °C
Rayon de la surface polluée = 8,6 m
Type de sol = sable grossier
Profondeur de la surface de saturation = 13 m
Temps écoulé depuis qu'il a commencé à pleuvoir = 20 mn

Étape 2 Calculer la surface de sol pollué.
Surface = $\pi r^2 = 232\ m^2$

Étape 3 Évaluer la profondeur atteinte par le polluant après 20 mn de pluie. Dans le cas du sable grossier, après 20 mn, la profondeur est de 4,4 m pour une solution à 30 p. 100, et de 11,9 m lorsque le produit avait été dilué (pire cas) (voir figure 19). La surface de saturation n'a pas été atteinte.

Figure 25

CHLORURE DE CALCIUM — MIGRATION DANS DU SABLE GROSSIER

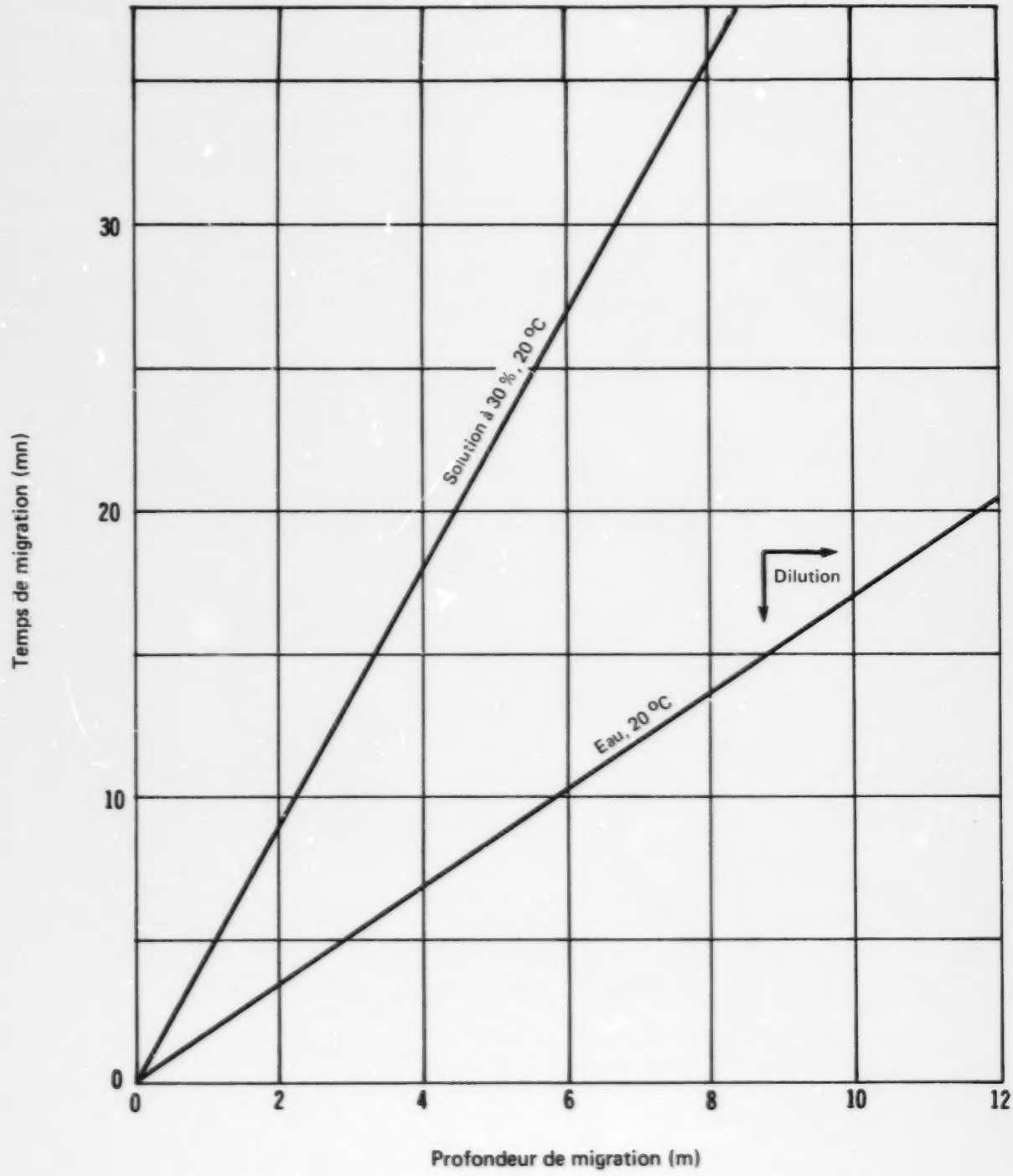


Figure 26

CHLORURE DE CALCIUM

MIGRATION DANS DU SABLE LIMONEUX

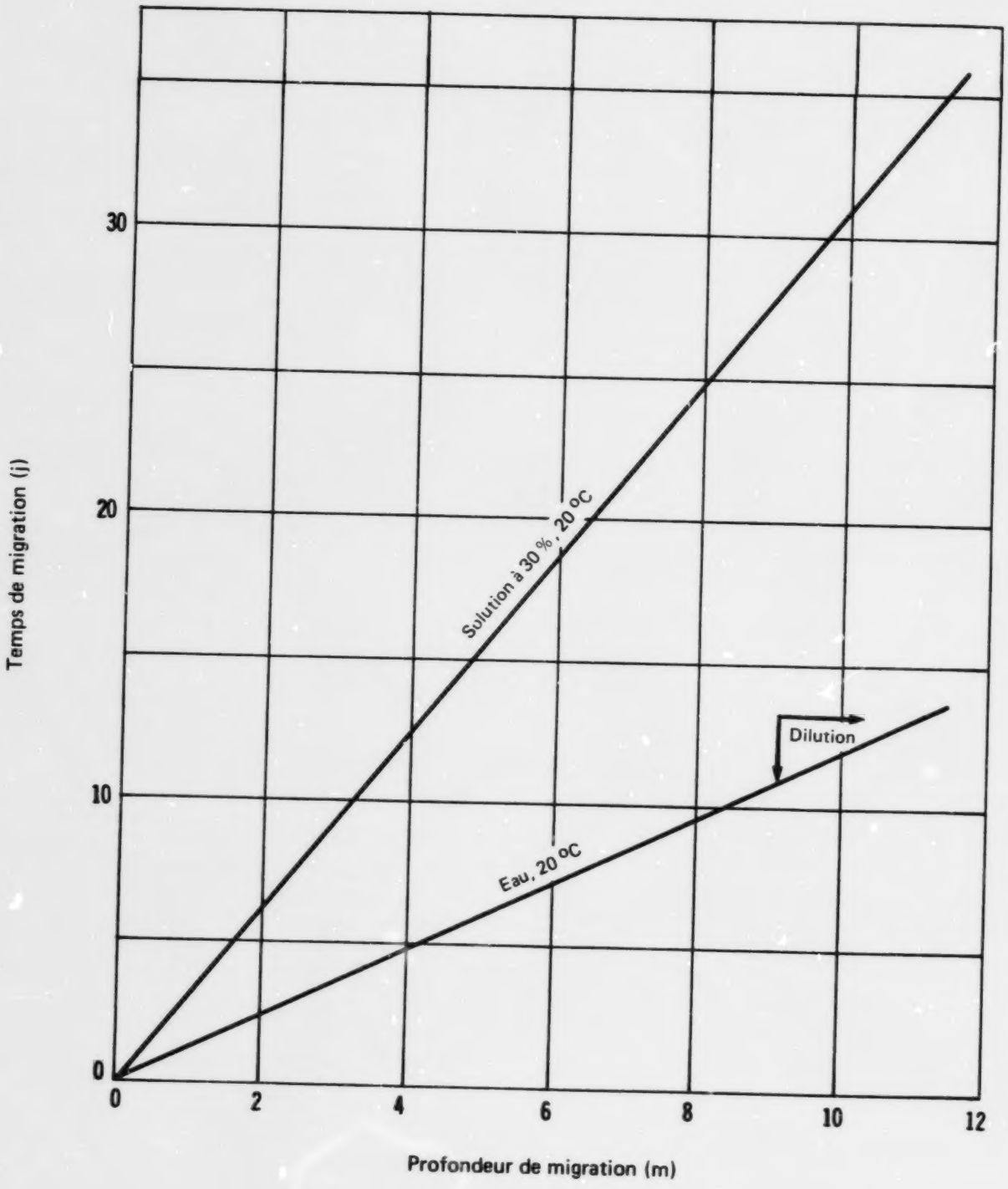
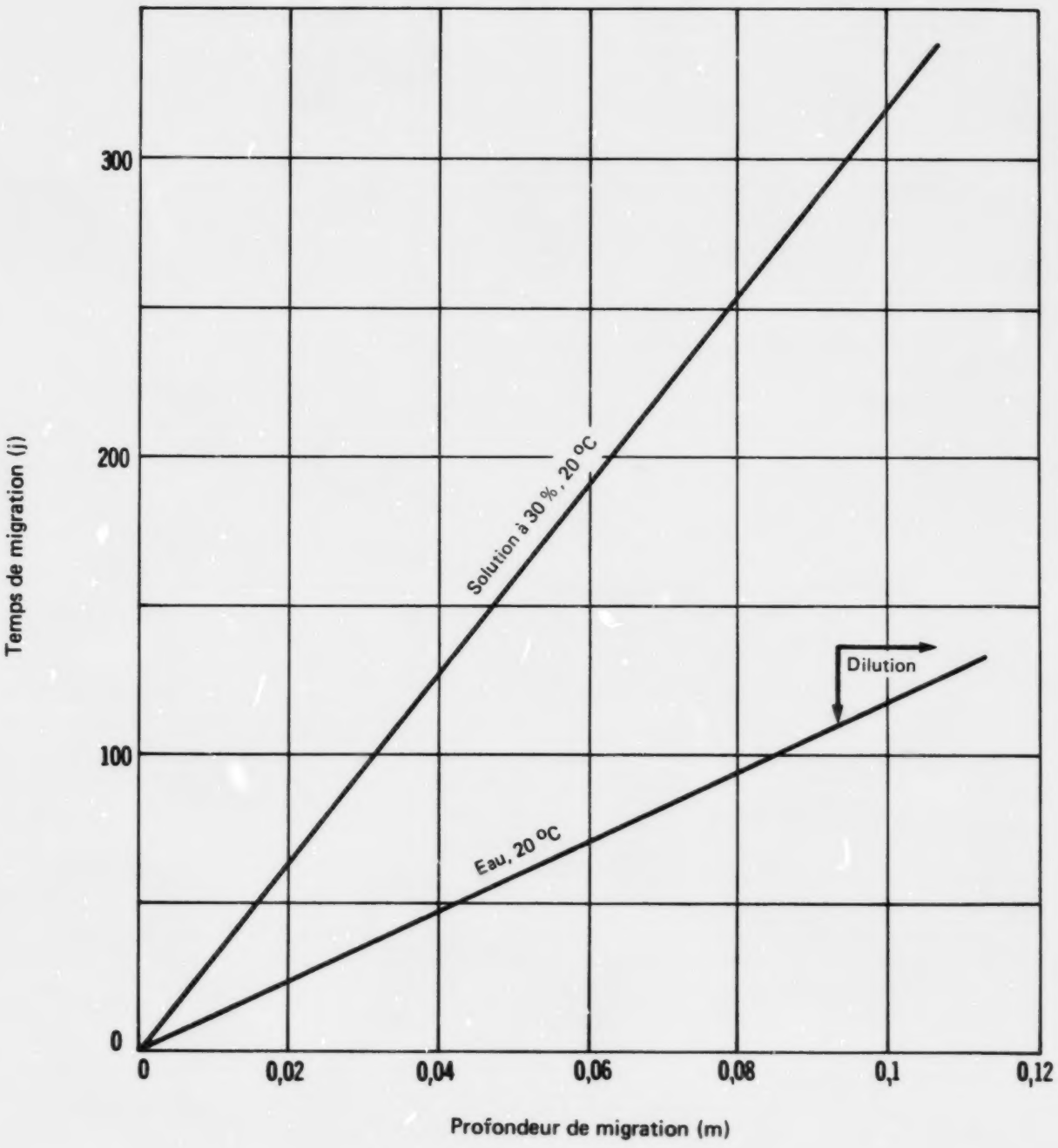


Figure 27

CHLORURE DE CALCIUM — MIGRATION DANS UN TILL ARGILEUX



6 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

6.1 Limites maximales admissibles

Les limites maximales admissibles constituent dans certains cas des éléments de règlement, alors que dans d'autres cas elles correspondent seulement à des recommandations.

6.1.1 Qualité de l'eau

Pour l'eau potable, il est recommandé de limiter la teneur à 500 mg/l pour éviter qu'elle n'ait un goût salé. On considère cependant qu'une teneur aussi faible que 50 mg/l serait déjà inacceptable (WQC, 1963).

Pour l'eau d'irrigation, la teneur en chlorure de calcium ne devrait pas dépasser 350 mg/l; en cas d'irrigation à long terme, il est préférable d'abaisser la teneur à 100 mg/l. Pour l'eau destinée au bétail, on a proposé de limiter la teneur à 1000 et 500 mg/l. Cette dernière valeur tient compte de la toxicité de l'ion chlorure (Todd, 1970).

6.1.2 Qualité de l'air

Au Canada, il n'existe aucun règlement limitant la teneur de l'air en chlorure de calcium.

6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques

6.2.1 Évaluation de la toxicité aux États-Unis. – La tolérance moyenne pour 96 heures (TLm 96) au chlorure de calcium correspond à des teneurs supérieures à 1000 mg/l (RTECS, 1979).

6.2.2 Toxicité en eau douce

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Caractéristiques de l'eau	Référence
A. Pour les poissons					
555	168	Crapet de roche	Teneur létale	Eau du robinet	WQC, 1963
2 775	48	Méné	"	Eau distillée	WQC, 1963
5 000	142	Méné	"		WQC, 1963
7 752	22	Poisson doré	"		WQC, 1963
8 400	24	Crapet arlequin	TLm	Synthétique	WQC, 1963
9 500	96	Crapet arlequin	TLm	Normale	WQC, 1963
10 650	96	Doré jaune	TLm		WQC, 1963
13 400	96	Gambusie	TLm	Trouble	WQC, 1963
12 060	non spécifiée	Brochet (alevins)	Immobilisé	Eau du lac Érié	WQC, 1963
22 080	"	Corégone (alevins)	Immobilisé	Eau du lac Érié	WQC, 1963
B. Pour les vertébrés					
660		Grenouilles	TL min. (sous-cutanée)		RTECS, 1979

C. Pour les micro-organismes

900	64	Daphnia magna	Teneur limite	Eau du lac Érié	Anderson, 1948
3 130	120	Diatomée d'eau salée (*Nitzschia linearis*)	TL 50	Milieu statique	WQCDB-5, 1973

6.2.3 Toxicité en eau salée

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Caractéristiques de l'eau	Référence
A. Tests sur des poissons					
2 400	48	Poisson de mer	TLm	Eau de mer	OHM-TADS, 1981

6.3 Toxicité pour d'autres espèces vivantes

6.3.1 Toxicité pour le bétail

Teneur (mg/l)	Animal	Résultat	Référence
10 000 à 15 000	Vache	Effets modérés sur le système nerveux et l'appétit	WQC, 1963
20 000 à 25 000	Mouton	Teneur tolérée pendant 6 semaines	WQC, 1963
15 000 à 20 000	Poulet	Ralentissement de la croissance	WQC, 1963

6.3.2 Toxicité pour les végétaux

La croissance des végétaux se trouve ralentie par des teneurs élevées de chlorure de calcium dans l'eau d'irrigation. Sur le plan de la toxicité chronique pour les végétaux, la teneur limite en ions chlorure est de 100 ppm (OHM-TADS, 1981).

Plusieurs études ont été conduites sur les méfaits du chlorure de calcium et du chlorure de sodium utilisés pour le déglaçage des routes (NRCC, 1977). On a constaté que ces produits endommageaient la végétation en bordure des routes. Les dommages sont attribués principalement à l'absorption, par la plante, du sel ayant rejailli sur le feuillage. L'une des études concerne des érables à sucre exposés à l'épandage de NaCl et de $CaCl_2$ pendant six hivers. Ces produits étaient appliqués à raison de 112 t/ha, 15 fois par hiver. Une semaine séparait chaque application. Les feuilles de ces érables contenaient 3 à 6 fois plus d'ions chlorure que les feuilles d'un peuplement témoin. Les dégâts causés aux érables variaient mais leur ampleur était sans conteste reliée aux teneurs en ions chlorure trouvées dans le feuillage. Entre 0,5 et 6 mg/g, en poids sec, les dommages étaient minimes. Les arbres dont le feuillage contenait entre 4 et 10 mg d'ions chlorure par gramme avaient subi de légers dégâts mais au-delà de 10 mg/g, les arbres étaient

sérieusement endommagés (NRCC, 1977). Les conifères semblent plus sensibles aux épandages de sel que les arbres feuillus et autres végétaux. Bien que leur croissance soit arrêtée pendant l'hiver, saison où le chlorure de calcium est épandu sur les routes, la photosynthèse se poursuit et le rejaillissement de sel sur les aiguilles est nocif pour les arbres (NRCC, 1977). Les graminées sont moins sensibles au sel épandu au cours de l'hiver que les conifères, probablement parce qu'elles sont à l'état dormant. Une série de tests a démontré que le fétuque du Kentucky 31 était la graminée la plus résistante au NaCl et pouvait en tolérer jusqu'à 5 grammes par kilo de sol (NRCC, 1977). Plusieurs études signalent des dommages au feuillage des arbres là où l'on procédait à l'épandage de sel (NaCl et $CaCl_2$), et relient aussi la sévérité des dégâts aux teneurs en ions chlorure dans les feuilles et les ramilles. Certaines études indiquent que les dommages observés étaient plus graves en contrebas des routes, signe que les rejaillissements de sel sur le feuillage risquent davantage d'endommager les arbres que le sel absorbé par les racines (NRCC, 1977).

Un indice de réaction au sel des variétés cultivées (valable également pour le $CaCl_2$) et communément accepté a été établi (NRCC, 1977):

Teneur du sol en sel (g/l de sol)	Effet sur la production
0 - 1,3	Négligeable
1,3 - 2,6	Affecte le rendement des variétés sensibles
2,6 - 5,1	Diminue le rendement de plusieurs variétés
5,1 - 10,2	Seules les variétés résistantes donnent un bon rendement
Plus de 10,2	Seules quelques variétés très résistantes donnent un bon rendement

6.4 Études sur les effets toxiques

Une DL 50 (voie orale) de 1000 à 5000 mg/kg représente la toxicité aiguë du chlorure de calcium pour les mammifères.

6.5 Dégradation

Le chlorure de calcium n'est pas biodégradable. La teneur de l'eau en calcium dépend de la teneur en carbonate et du pH (OHM-TADS, 1981).

6.6 Devenir et effets à long-terme

Le chlorure de calcium ne présente aucun risque de bio-accumulation ou de contamination des éléments de la chaîne alimentaire.

7 PROTECTION DE LA SANTÉ

Dans des conditions normales, le chlorure de calcium n'est pas volatil si bien que les risques que le produit soit inhalé sont très faibles. La documentation consultée ne contient d'ailleurs aucune donnée sur les effets toxiques liés à l'inhalation de chlorure de calcium par l'homme ou des animaux. Les travaux publiés rapportent que les poussières de calcium irritent les yeux et la gorge, alors que les solutions peuvent causer des brûlures en cas de contact cutané ou endommager les conjonctives advenant la projection du produit dans les yeux. Un contact prolongé peut provoquer de graves brûlures, en particulier si les tissus ont déjà été abîmés.

Aucune des publications consultées ne traite des effets mutagènes, cancérogènes ou tératogènes du chlorure de calcium chez l'homme, les animaux ou les autres organismes.

Le chlorure de calcium est mentionné dans l'inventaire dressé par l'agence de protection de l'environnement des États-Unis (EPA) conformément à la Loi sur le contrôle des substances toxiques.

Les données publiées dans le présent chapitre rendent compte de l'information disponible lors de la préparation de cette plaquette.

Les données toxicologiques sont extraites de sources dignes de confiance. Il est à noter que certaines données valent pour des expositions de longue durée à de faibles teneurs, de sorte qu'elles ne s'appliquent pas nécessairement dans les cas de déversement.

7.1 Normes d'exposition recommandées

Aucune norme d'exposition n'a été trouvée pour le chlorure de calcium dans la documentation consultée.

7.2 Données sur les propriétés irritantes

7.2.1 Contact avec la peau

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
• CHEZ L'HOMME		
–	Légère irritation de la peau lors de contact avec le produit à l'état solide; les solutions très concentrées peuvent causer une forte irritation, voire une brûlure superficielle	CHRIS, 1978
–	En solution ou à l'état solide, brûlera la peau	CHRIS, 1978

7.2.2 Contact avec les yeux

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
• CHEZ L'HOMME		
–	Les poussières irritent les yeux et peuvent entraîner une lésion passagère de la cornée	CHRIS, 1978
–	En solution ou à l'état solide, brûlera les yeux	CHRIS, 1978

7.3 Seuil de perception des caractères organoleptiques

7.3.1 Odeur. – Le produit est inodore (CHRIS, 1978)

7.3.2 Goût

Paramètre	Milieu	Teneur	Référence
Détection	eau	0,01 mol/l	ASTM, 1980
Détection	eau	0,0076 mol/l	ASTM, 1980

7.4 Études à long terme

7.4.1 Inhalation. – Aucune donnée

7.4.2 Ingestion

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
• CHEZ L'HOMME Aucune donnée		
• CHEZ LE RAT 1000 mg/kg	DL50	RTECS, 1979
• CHEZ LE LAPIN 1384 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979

7.4.3 Par voie sous-cutanée

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
• CHEZ LE CHIEN 274 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979

• CHEZ LE CHAT 249 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LE LAPIN 472 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LA GRENOUILLE 666 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979

7.4.4 Par voie intraveineuse

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
• CHEZ LE CHIEN 274 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LE CHAT 249 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LE LAPIN 274 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LE RAT 161 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LA SOURIS 42 mg/kg	DL 50	RTECS, 1979

7.4.5 Par voie intrapéritonéale

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
• CHEZ LE CHIEN 110 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LE RAT 500 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LA SOURIS 280 mg/kg	DL 50	RTECS, 1979

7.4.6 Par voie intramusculaire

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
• CHEZ LE RAT 25 mg/kg	DL 50	RTECS, 1979

7.4.7 Voie d'exposition non spécifiée

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
• CHEZ L'HOMME 7 mg de chlorure de calcium par kilo et 20 mg de gluconate de calcium par kilo	Administrés à des patients avec fraction ionisée du calcium sérique inférieure à la normale ou dans les limites inférieures de la normale, hypotension et autres anomalies. Le traitement a augmenté la fraction ionisée du calcium sérique, fait baisser les taux de potassium sérique et a provoqué de graves arythmies cardiaques	TOXLINE (en ligne), 1981

7.5 Symptômes d'intoxication

Aucune référence n'est donnée pour les symptômes de nature courante mentionnés dans la plupart des documents consultés. Seuls les symptômes ou troubles de nature inhabituelle ou particulière sont référencés.

7.5.1 Inhalation

1. Irritation du nez et de la gorge
2. Saignements de nez (TDB-en ligne, 1981)

7.5.2 Ingestion

1. Irritation de la bouche et de l'estomac
2. Nausées et vomissements

7.5.3 Contact avec la peau

1. Irritation
2. Brûlures (solutions concentrées)
3. Légère irritation en cas de contact du produit à l'état solide avec une peau sèche

7.5.4 Contact avec les yeux

1. Irritation et larmoiement
2. Possibilité de lésions passagères de la cornée, particulièrement avec les poussières de chlorure de calcium

8 COMPATIBILITÉ CHIMIQUE

8.1 Compatibilité entre le chlorure de calcium et divers produits chimiques

Produit chimique ou groupe de produits chimiques	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Caractéristiques	Sources
En général														
Eau	•												Réaction exothermique	Bretherick, 1979
Produits chimiques														
Trifluorure de brome										•			Attaque le chlorure de calcium	NFPA, 1978
Acide furanne-peroxycarbo-xylique-2		•											Explose si on lui ajoute du chlorure de calcium	NFPA, 1978
Méthoxy-éthylène	•			•									Polymérisation sous l'effet de la chaleur	Bretherick, 1979
Zinc			•										Dégagement d'hydrogène en cas de contact prolongé	Bretherick, 1979

9 MESURES D'INTERVENTION ET DE SÉCURITÉ

9.1 Mesures recommandées

Les mesures décrites dans la présente section, qui semblent s'appliquer à la plupart des situations, sont reprises d'ouvrages déjà publiés. Pour éviter d'en fausser le sens, la formulation originale a été conservée, malgré certaines contradictions entre les différentes sources. En fait, les mesures d'intervention peuvent paraître contradictoires mais en réalité ne le sont pas face à une situation donnée. Les mesures décrites ne doivent pas être considérées comme recommandées par Environnement Canada.

9.1.1 Risques d'incendie. – Le chlorure de calcium est ininflammable (Hooker MSDS, 1972). Les formes anhydre, monohydratée, dihydratée et tétrahydratée produisent une forte réaction exothermique lorsque dissoutes dans l'eau (Allied TESB, 1958).

9.1.2 Moyens d'extinction. – Le chlorure de calcium est incombustible. On peut par conséquent utiliser la plupart des agents d'extinction (Dow ERIS, 1979).

9.1.3 Mesures d'intervention, de nettoyage et de traitement en cas de déversement

9.1.3.1 Information générale. – Arrêter ou ralentir l'écoulement du produit si cela ne présente aucun risque. Éviter que le produit soit en contact avec la peau et éviter d'inhaler (Dow ERIS, 1979).

9.1.3.2 Déversement sur le sol. – Si le produit est à l'état solide, le ramasser à la pelle en soulevant le moins possible de poussières et le placer dans des récipients en vue de sa récupération ou de son élimination. Le chlorure de calcium forme une surface très glissante, surtout s'il est légèrement mouillé, et doit être enlevé avec précaution (CCPA, 1982).

Si le produit est à l'état liquide, le confiner au moyen de barrières mécaniques ou chimiques ou à l'aide des unes et des autres, pour éviter qu'il ne s'étale (EPA-670/2-75-042).

9.1.3.3 Déversement dans l'eau. – Confiner si possible le produit. Si la quantité d'eau à traiter n'est pas trop importante, on peut utiliser de la soude (légèrement en excès) et neutraliser l'eau clarifiée (par décantation) avec de l'acide chlorhydrique 6 *M*. L'eau polluée peut également être traitée par osmose inverse et échange d'ions (OHM-TADS, 1981).

9.1.4 Nettoyage et traitement. – Le chlorure de calcium ne doit *jamais* être jeté dans des égouts ou des eaux de surface. Le produit recueilli sera traité sur les lieux du déversement ou dans une installation de traitement des déchets, et la boue obtenue sera mise en décharge.

9.1.5 Appareils et vêtements de protection. – Pour entrer dans une zone où ni le produit déversé ni ses propriétés ne sont connues, il faut porter un appareil respiratoire autonome et être vêtu d'une combinaison contre les agents chimiques; ***entièrement étanche.***

Si le produit déversé est du chlorure de calcium il faut:

- porter des lunettes de sécurité ou des visières, des vêtements imperméables et un équipement anti-buées (Hooker MSDS, 1972).

- porter des bottes en caoutchouc ou des chaussures de sécurité en cuir, bien graissées (Allied TESB, 1958)
- porter des gants. Des gants ordinaires ou à manchettes, en toile, conviennent en général pour la manipulation du chlorure de calcium en paillettes mais il est préférable de porter des gants en caoutchouc ou en toile caoutchoutée ou enduite de latex, si le produit est à l'état liquide (Allied TESB, 1958). Les gants en néoprène ou en vinyle conviennent également (Hooker MSDS, 1972).
- porter un imperméable de caoutchouc ou en toile caoutchoutée si les vêtements risquent d'être éclaboussés par du chlorure de calcium en solution.

10 CAS DE DÉVERSEMENTS ACCIDENTELS

Seuls les cas qui présentent un intérêt pour le lecteur ont été retenus. En conséquence, le nombre de cas décrits ne traduit ni l'ampleur du problème ni la fréquence des déversements. L'information que nous donnons a pour but d'aider le lecteur à comprendre les mesures d'intervention prises.

En ce qui concerne le chlorure de calcium la documentation consultée ne faisait état d'aucun cas de déversement accidentel en territoire canadien.

11 IDENTIFICATION ET DOSAGE DES POLLUANTS

Les méthodes d'analyse utilisées pour l'identification et le dosage des polluants chimiques d'intérêt prioritaire sont expliquées dans les lignes qui suivent.

Les méthodes décrites et les références signalées ont été choisies en fonction d'analyses d'échantillons d'air, d'eau et de sol devant être faites dans un laboratoire de chimie doté d'un équipement standard, éloigné du lieu d'où proviennent les prélèvements. Les auteurs ont consulté les sources habituelles exposant les méthodes normalisées ou recommandées et décrit sommairement celles qui s'appliquent à chaque produit chimique. Parmi ces sources, on compte des publications du National Institute for Occupational Safety and Health des États-Unis (NIOSH), de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), de l'American Water Works Association, de l'American Society for Testing and Materials (ASTM) et de l'American National Standards Institute.

Lorsque les méthodes normalisées ou recommandées ont été jugées fiables et suffisamment spécifiques pour l'analyse des échantillons provenant des matières déversées et du milieu touché et lorsqu'elles ne nécessitaient pas un équipement de laboratoire hautement spécialisé, nous n'avons pas cherché plus loin. Enfin, lorsque nous avons découvert des tests simples et fiables, couramment utilisés dans l'industrie, nous les avons signalés.

11.1 Dosage du polluant présent dans l'air (analyse quantitative)

11.1.1 Spectrophotométrie d'absorption atomique (NIOSH, 1977). On peut doser le chlorure de calcium présent dans l'air au moyen de la méthode recommandée par le NIOSH pour l'oxyde de calcium. Cette méthode convient pour des teneurs comprises entre 2,6 et 10,16 mg/m^3 (0,57 à 2,24 ppm).

Un volume connu d'air est aspiré dans un porte-filtres à trois éléments pour membranes filtrantes en ester cellulosique, d'un diamètre de 37 mm, avec pores de 0,8 μm. On recommande de prélever un échantillon de 85 l d'air à raison de 1,5 l/mn.

Transférer l'échantillon dans un bécher; traiter avec 5 ml d'acide nitrique concentré, couvrir avec un verre de montre et chauffer sur plaque chauffante (140 °C) jusqu'à ce que l'acide soit presque tout évaporé. *Exécuter cette étape sous la hotte.* Ajouter 2 ml d'acide nitrique concentré et 1 ml d'acide perchlorique à 60 p. 100, puis couvrir d'un verre de montre. Chauffer jusqu'à apparition de vapeurs denses d'acide perchlorique. Rincer les parois du bécher avec de l'eau distillée et évaporer la solution jusqu'à obtention d'un résidu sec. Laisser refroidir, puis dissoudre le résidu dans 5 ml d'acide chlorhydrique dilué (5,0 p. 100 v/v) contenant 1 p. 100 de lanthane. Transférer intégralement la solution dans une fiole jaugée de 100 ml. Rincer à deux reprises le bécher en transférant chaque fois 5 ml du liquide de rinçage dans la fiole. Porter le volume à 100 ml avec de l'acide chlorhydrique dilué contenant 1 p. 100 de lanthane. Pulvériser l'échantillon dans une flamme air-acétylène oxydante. Mesurer l'absorbance à 422,7 nm au spectrophotomètre d'absorption atomique. Déterminer la teneur en chlorure de calcium au moyen d'une courbe d'étalonnage.

11.2 Dosage du chlorure de calcium présent dans l'eau (analyse quantitative)

11.2.1 Spectrophotométrie d'absorption atomique (ASTM, 1979). – On peut détecter par cette méthode le calcium présent dans l'eau à des teneurs variant entre 0,3 et 15 mg/l.

Recueillir au moins 2 l d'eau dans un contenant approprié. Filtrer l'échantillon s'il contient des particules avant son aspiration dans le spectrophotomètre d'absorption atomique. Mélanger 100 ml de l'échantillon avec 25 ml d'une solution de lanthane à 5 p. 100 avant de faire l'analyse. Pulvériser ce mélange dans une flamme air-acétylène. Mesurer l'absorbance à 422,7 nm au moyen d'un spectrophotomètre d'absorption atomique. Déterminer la teneur en calcium au moyen d'une courbe d'étalonnage.

11.3 Identification du chlorure de calcium présent dans l'eau (analyse qualitative)

Prélever un échantillon selon la méthode décrite à la section 11.2.1. Plonger un filament de platine propre dans l'échantillon, puis placer le filament dans la partie la plus chaude d'une flamme non lumineuse de bec bunsen. L'apparition d'une flamme rouge brique indique la présence de calcium. Ce test n'est pas spécifique au chlorure de calcium (Welcher, 1955).

11.4 Dosage de l'oxyde de calcium présent dans le sol (analyse quantitative)

11.4.1 Méthode colorimétrique (Hesse, 1972). – Cette méthode permet au moyen d'un échantillon de sol de 1 g de déterminer la présence de calcium jusqu'à 25 µg au maximum.

Placer dans un bécher de 250 ml, un échantillon de sol de 0,15 mm, pesant 1 g, séché au four et ajouter 20 ml d'acide nitrique concentré. Couvrir le bécher et faire chauffer graduellement pour oxyder la matière organique. Ajouter 10 ml d'acide perchlorique à 60 p. 100 et laisser digérer jusqu'à apparition de vapeurs denses d'acide perchlorique. *Exécuter cette opération sous la hotte.* Laver les parois du bécher avec de l'acide perchlorique à 60 p. 100 si nécessaire. Laisser ensuite évaporer le mélange jusqu'à disparition complète de l'excès d'acide perchlorique.

Prélever une quantité aliquote appropriée de l'extrait de sol et transférer dans un tube à essai. Diluer avec de l'eau jusqu'à obtention d'un volume de 10 ml. Ajouter 10 ml de méthanol absolu et 1 ml de solution tampon. La solution tampon est préparée par solubilisation de 0,20 g de diéthyl-dithiocarbamate de sodium dans 100 ml de solution-mère tampon. Pour préparer cette dernière, dissoudre 5,28 g de tétraborate de sodium dans 800 ml d'eau et ajouter 10 g d'hydroxyde de sodium. Laisser refroidir le mélange, puis porter à 1 litre avec de l'eau; conserver dans une bouteille de polyéthylène. Ajuster le pH de la solution tampon à 12 si nécessaire. Ajouter à l'échantillon 0,5 ml de la solution de réactif préparée par solubilisation de 0,150 g de glyoxal bis (2-hydroxyanile) dans 30 ml de méthanol absolu. Laisser la couleur se développer pendant 25 mn et mesurer l'absorbance à 535 nm à l'aide d'un spectrophotomètre approprié. Déterminer la teneur en calcium d'après une courbe d'étalonnage.

11.5 Identification du polluant présent dans le sol (analyse qualitative)

Procéder comme en 11.4.1 pour le prélèvement et la digestion acide de l'échantillon. Un filament de platine propre est plongé dans l'échantillon et on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique 6 *M*. Le filament est placé dans la partie la plus chaude d'une flamme non lumineuse d'un bec Bunsen. La flamme deviendra rouge brique si l'échantillon contient du calcium. Ce test n'est pas spécifique pour le chlorure de calcium (Welcher, 1955).

12 RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

(reproduction intégrale de l'édition anglaise)

12.1 Références

AAR 1983: Association of American Railroads, Washington, D.C., Private Communication (1983).

Allied TESB 1958: Allied Chemical Inc., Industrial Chemicals Division, Technical and Engineering Service Bulletin No. 16, Calcium Chloride, Morristown, New Jersey. (1958).

Anderson 1948: Anderson, B.G., "The Apparent Thresholds of Toxicity to Daphnia Magna for Chloride of Various Metals when Added to Lake Erie", Transactions of the American Fish Society, Vol. 78, pp. 96-113. (1948).

ASS: Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

ASTM 1979: American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31: Water, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, D2908-74, D1192-70, D3370. (1979).

ASTM 1980: American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, ASTM Data Series DS-48A. (1980).

Bretherick 1979: Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

CC 1958: Allied Chemical, Calcium Chloride, Morristown, New Jersey. (1958).

CCPA 1982: Canadian Chemical Producers Association, Ottawa, Ontario, Private Communication. (1982).

CDS 1967: National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Clarke 1975: Clarke, E.G., Clarke, M.L., Veterinary Toxicology, Lea & Febiger Press, Philadelphia, Pennsylvania, p. 53. (1975)

CLC 1974: The Car and Locomotive Cyclopedia of American Practices, Association of American Railroads, published by Simmons-Boardman, Omaha, Nebraska. (1974).

Corpus 1981: Corpus Information Services Ltd., "Calcium Chloride", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (February, 1981).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Dow 1974: Calcium Chloride Handbook, Dow Chemical USA, Midland, Michigan. (1974).

Dow ERIS 1979: Dow Chemical Canada Inc., Emergency Response Information Sheet - Calcium Chloride Flake, Sarnia, Ontario. (1979).

Dow PS 1980: Dow Chemical Company, Dow Products and Services for Industry Farm and Home, Midland, Michigan. (1980).

DPPED 1967: DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

EPA 530/SW-104c: Shaver, R.G., Parker, L.C. et al., Assessment of Industrial Hazardous Waste Practices: Inorganic Chemicals Industry, Prepared for U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste Management Programs, Washington, D.C., EPA 530/SW-104c. (1975).

EPA 670/2-75-042: Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

GF: GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, California. Not dated.

GPP: Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not dated.

Hesse 1972: Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, New York, pp. 377-378, 123-124. (1972).

Hooker MSDS 1972: Hooker Industrial Chemicals Division, Material Safety Data Sheet - 35.5% Aqueous Calcium Chloride Solution, Hooker Chemicals & Plastics Corp., Niagara Falls, New York. (1972).

Hooker PDS 1980: Hooker Chemicals & Plastics Corp., Product Data Sheet - Industrial Grade Calcium Chloride Solution, Niagara Falls, New York. (1980).

JANAF 1971: Stull, D.R., Prophet, H., JANAF Thermochemical Tables, Second Edition, Office of Standard Reference Data, U.S. National Bureau of Standards, Washington, D.C. (June, 1971).

JSSV 1979: Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Kirk-Othmer 1978: Grayson, M., Eckroth, D. (ed.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol. 4, John Wiley & Sons Inc., New York, New York. (1978).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

Lefèvre 1980: Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. (1980).

MWPP 1978: Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec. (1978).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

NIOSH 1977: National Institute of Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 3, S. 205., Cincinnati, Ohio. (April, 1977).

NRCC 1977: The Effects of Alkali Halides in the Canadian Environment, National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario, NRCC No. 15019. (1977).

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

Perry 1973: Perry, R.H., Chilton, C.H. (ed.), Chemical Engineer's Handbook, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1973).

Rosenstock 1977: Rosenstock, H.M., Draxl, K., Steiner, B., Herron, J.T., Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, D.C. (1977).

RTDCR 1974: Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, Canadian Transport Commission, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario. (1974).

RTECS 1979: Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

Streeter 1971: Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1971).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

TDB (on-line) 1981: Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line. Available from National Library of Medicine, Washington, D.C. (1981).

Todd 1970: Todd, D.K., The Water Encyclopedia, Maple Press, Port Washington, New York. (1970).

Toxline (on-line) 1981: Toxline, Toxicology Information Program (1974 to present), National Library of Medicine, Bethesda, Maryland. (1981).

TPS 1978: GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, California. (1978).

Ullmann 1975: Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim. (1975).

Welcher 1955: Welcher, F.J., Hahn, R.B., Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, p. 432. (1955).

WQC 1963: McKee, J.E., Wolf, H.W., Water Quality Criteria, Second Edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board. (1963).

WQCDB-2 1971: Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Inorganic Chemical Pollution of Freshwater, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 2, p. 242. (1971).

WQCDB-5 1973: Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 5, pp. A-58-59. (September, 1973).

12.2 Bibliographie

Allied Chemical Inc., Industrial Chemicals Division, Technical and Engineering Service Bulletin No. 16, Calcium Chloride, Morristown, New Jersey. (1958).

Allied Chemical, Calcium Chloride, Morristown, New Jersey. (1958).

American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, ASTM Data Series DS-48A. (1980).

American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31: Water, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, D2908-74, D1192-70, D3370. (1979).

Anderson, B.G., "The Apparent Thresholds of Toxicity to Daphnia Magna for Chloride of Various Metals when Added to Lake Erie", Transactions of the American Fish Society, Vol. 78, pp. 96-113. (1948).

Association of American Railroads, The Car and Locomotive Cyclopedia of American Practices, published by Simmons-Boardman, Omaha, Nebraska. (1974).

Association of American Railroads, Private Communication, Washington, D.C. (1983).

Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

Canadian Chemical Producers Association, Ottawa, Ontario, Private Communication. (1982).

Clarke, E.G., Clarke, M.L., Veterinary Toxicology, Lea & Febiger Press, Philadelphia, Pennsylvania, p. 53. (1975).

Canadian Transport Commission, Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, published by Supply & Services Canada, Ottawa, Ontario. (1974).

Corpus Information Services Ltd., "Calcium Chloride", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (February, 1981).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

Dow Chemical Canada Inc., Emergency Response Information Sheet - Calcium Chloride Flake, Sarnia, Ontario. (1979).

Dow Chemical Company, Calcium Chloride Handbook, Midland, Michigan. (1974).

Dow Chemical Company, Dow Products and Services for Industry Farm and Home, Midland, Michigan. (1980).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Inorganic Chemical Pollution of Freshwater, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 2, p. 242. (1971).

Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 5, pp. A-58-59. (September, 1973).

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, California. Not dated.

Grayson, M., Eckroth, D. (ed.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol. 4, John Wiley & Sons Inc., New York, New York. (1978).

GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, California. (1978).

Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, New York, pp. 377-378, 123-124. (1972).

Hooker Chemicals & Plastics Corp., Product Data Sheet - Industrial Grade Calcium Chloride Solution, Niagara Falls, New York. (1980).

Hooker Industrial Chemicals Division, Material Safety Data Sheet - 35.5% Aqueous Calcium Chloride Solution, Hooker Chemicals & Plastics Corp., Niagara Falls, New York. (1972).

Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. (1980).

Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

McKee, J.E., Wolf, H.W., Water Quality Criteria, Second Edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board. (1963).

National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

National Institute of Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 3, S. 205., Cincinnati, Ohio. (April, 1977).

National Research Council of Canada, The Effects of Alkali Halides in the Canadian Environment, Ottawa, Ontario, NRCC No. 15019. (1977).

Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

Perry, R.H., Chilton, C.H. (ed.), Chemical Engineer's Handbook, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1973).

Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec. (1978).

Rosenstock, H.M., Draxl, K., Steiner, B., Herron, J.T., Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, D.C. (1977).

Shaver, R.G., Parker, L.C. et al., Assessment of Industrial Hazardous Waste Practices: Inorganic Chemicals Industry, Prepared for U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste Management Programs, Washington, D.C., EPA 530/SW-104c. (1975).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1971).

Stull, D.R., Prophet, H., JANAF Thermochemical Tables, Second Edition, Office of Standard Reference Data, U.S. National Bureau of Standards, Washington, D.C. (June, 1971).

Todd, D.K., The Water Encyclopedia, Maple Press, Port Washington, New York. (1970).

Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line. Available from National Library of Medicine, Washington, D.C. (1981).

Toxline, Toxicology Information Program (1974 to present), National Library of Medicine, Bethesda, Maryland. (1981).

Ullmann, Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim, (1975).

Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not dated.

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

Welcher, F.J., Hahn, R.B., Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, p. 432. (1955).